FOCUS

PICCOLA ENCICLOPEDIA DELLE

CURIOSITÀ SCIENTIFICHE

1

IL PIANETA TERRA

CORRIERE DELLA SERA

IL PIANETA TERRA

Scoprire e capire il mondo in modo divertente, tra mille domande e curiosità, nella prospettiva di una corretta divulgazione scientifica: in estrema sintesi, questo il proposito della collana. Il viaggio nei territori della scienza e del comportamento umano, della natura e della medicina, della tecnologia e dell'ecologia comincia dall'esplorazione del nostro pianeta, la Terra.

Un percorso suggestivo e affascinante attraverso i misteri, le grandi sfide, le mille domande e le curiosità più sorprendenti che riguardano il mondo in cui viviamo e l'universo della scienza che lo interroga. Tra i grandi protagonisti del volume gli elementi primordiali Acqua, Terra, Aria e Fuoco, i segreti delle profondità degli oceani, il terribile fascino di eventi climatici sconvolgenti, la incredibile spettacolarità di paesaggi naturali e incontaminati, oltre a tante grandi domande:

Com'è fatta la Terra?
Com'è fatta l'atmosfera?
Come sono nati gli oceani?
Che cos'è la biodiversità?
Che cos'è l'etologia?

Nel mondo scientifico una qualità tra le più importanti è quella di saper interrogare il mondo e la natura nel modo giusto. Senza domande, dubbi, senza misteri, ma soprattutto senza la curiosità che spinge a risolverli, la storia della scienza non avrebbe mai potuto percorrere il cammino della conoscenza che ha portato l'uomo, all'inizio del terzo millennio, a controllare la forza dell'atomo, a catalogare i geni dell'uomo o a iniziare l'esplorazione dello spazio. Domande e curiosità sono l'ossatura anche di questa piccola enciclopedia delle curiosità scientifiche, una serie di volumi che offrono una lettura piacevole, facile, ma al tempo stesso ricca di informazioni, aggiornate e affidabili, sul mondo della scienza.

Un invito dunque ad addentrarsi in modo gradevole, semplice ma rigoroso nei misteri della scienza, di comprenderne le questioni fondamentali ma anche gli aspetti più curiosi che spesso riguardano la vita quotidiana.

PICCOLA ENCICLOPEDIA DELLE

CURIOSITÀ SCIENTIFICHE

Piccola enciclopedia delle curiosità scientifiche
Vol. 1 – Il pianeta Terra

Edizione speciale per il Corriere della Sera
© 2005, RCS Quotidiani S.p.A., Milano

I Manuali del Corriere della Sera
Direttore responsabile: Paolo Mieli
RCS Quotidiani S.p.A.
Via Solferino 28 - 20121 Milano
Sede legale: Via Rizzoli 2 - Milano
Registrazione presso il Tribunale di Milano n° 564 del 6/9/2004

Realizzazione editoriale a cura di

FOCUS

Direttore responsabile: Sandro Boeri
Gruner+Jahr/Mondadori Spa
Corso Monforte, 54 - 20122 Milano

La selezione dei migliori articoli dedicati al mondo della scienza, tutti i testi e le illustrazioni presenti nell'Opera sono stati rielaborati o realizzati appositamente per questa edizione a cura della redazione di Focus.

Progetto grafico di copertina: Out of Nowhere S.r.l.
Art: Marco Pennini & C.

Tutti i diritti di copyright sono riservati

Codice ISSN: 1824 - 56972

PICCOLA ENCICLOPEDIA DELLE

CURIOSITÀ SCIENTIFICHE

IL PIANETA TERRA

CORRIERE DELLA SERA

Il fascino della scienza

Nel mondo scientifico una qualità tra le più importanti è quella di saper interrogare la natura nel modo giusto. Senza domande, dubbi, senza misteri, ma soprattutto senza la curiosità che spinge a risolverli, la storia della scienza non avrebbe mai potuto percorrere il cammino della conoscenza che ha portato l'uomo, all'inizio del terzo millennio, a controllare la forza dell'atomo, a catalogare i geni dell'uomo o a iniziare l'esplorazione dello spazio.

Domande e curiosità sono l'ossatura anche di questa sorta di piccola enciclopedia delle curiosità scientifiche, una serie di volumi che offrono una lettura piacevole, facile, ma al tempo stesso ricca di informazioni, aggiornate e affidabili, sul mondo della scienza.

A sezioni più classicamente enciclopediche, in cui vengono ricostruite la storia, i progressi e le prospettive delle varie discipline scientifiche (le "Grandi domande") si affiancano sezioni ricche di quesiti curiosi, divertenti, spesso sorprendenti. Splendide fotografie, disegni, illustrazioni aiutano a capire anche i meccanismi più complessi, dalla struttura delle cellule alla fotosintesi: le immagini, se ben scelte e adeguatamente spiegate, contengono infatti a volte più informazioni di una pagina di testo. E sono in grado di trasmetterle in modo rapido ed efficace. A tale scopo i volumi si chiudono con una galleria fotografica volta a illustrare gli aspetti più spettacolari, incredibili e affascinanti della natura, della scienza e della tecnologia.

Un invito dunque ad addentrarsi in modo gradevole, semplice ma rigoroso nei misteri della scienza, per comprenderne le questioni fondamentali ma anche gli aspetti più curiosi che spesso riguardano la vita quotidiana.

L'Editore

Sommario

NATURA ..... **PAG. 10**

Le grandi domande: Com'è fatta l'atmosfera? ..... **Pag. 12**

Quanto è grande l'arcobaleno? ..... Pag. 26
Cosa determina l'altezza dal suolo delle nuvole? ..... Pag. 28
Che cos'è il buco nell'ozono? ..... Pag. 29
Perché i temporali sulle città sono più violenti?
Che cosa differenzia cicloni, uragani e tornado? ..... Pag. 30
Che cos'è la scala Beaufort?
Perché la nebbia rende la visibilità così scarsa? ..... Pag. 31
Da che cosa dipende il colore delle nuvole? ..... Pag. 32
In che modo si forma la grandine? ..... Pag. 33
Se si scatena un terremoto nelle vicinanze di un vulcano, questo può favorire l'eruzione? ..... Pag. 34
È vero che i tornado non colpiscono le grandi città? ..... Pag. 35
Che cos'è il raggio blu? ..... Pag. 36
Perché a volte i raggi del Sole sembrano divergere? ..... Pag. 38
Come si forma un arcobaleno "a rovescio"? ..... pag. 39
Perché le nuvole non sono trasparenti, visto che sono fatte di acqua?
Se l'acqua è più pesante dell'aria, come fanno le nuvole a rimanere in cielo?

Le grandi domande: Com'è fatta la terra? ..... **Pag. 40**

Qual è stata la più grande eruzione di tutti i tempi? ..... Pag. 48
È vero che l'Everest non è il punto più alto della Terra? ..... Pag. 50
Davvero nell'occhio del ciclone c'è calma? ..... Pag. 51
Qual è stato il tifone più violento che sia mai stato registrato?
Esiste davvero la "quiete prima della tempesta"?
Che cosa sono le foibe?
Che cosa sono i deserti di sale? ..... Pag. 52
Quanto "dura" in media una catena montuosa? ..... Pag. 54
Esistono piante albine?
Le montagne crescono? ..... Pag. 56
Che cosa sono i geyser? ..... Pag. 58
Qual è il fenomeno più violento verificatosi sulla Terra? ..... Pag. 60
Davvero non esistono fiocchi di neve identici?
Che cosa sono le placche tettoniche?
Perché nel deserto non piove? ..... Pag. 62
Perché le dune si muovono?
Per quale motivo molte terre emerse hanno una forma appuntita, con la punta in direzione sud? ..... Pag. 64
Quanto è "tutto l'oro del mondo"?
Qual è il peso della Terra? E come si può misurare? ..... Pag. 65
Tsunami 2004, verità e leggende.
Quante materie prime sono rimaste sulla Terra? ..... Pag. 66
Che cosa c'è sotto la sabbia del deserto?

Le grandi domande: Come sono nati gli oceani? ..... **Pag. 68**

Come si formano le onde anomale? ..... Pag. 80
Tutto il mare ha lo stesso livello? ..... Pag. 82
Come fa il mare a "digerire" le maree nere? ..... Pag. 84
Perché la foresta Umbra si chiama così se si trova in Puglia? ..... Pag. 85
Esistono piante che sopravvivono se innaffiate con acqua salata?
Che cos'è a provocare la schiuma del mare? ..... Pag. 86
Così nascono i "cavalloni"
Come si formano le onde del mare?
Che cos'è il vento? ..... Pag. 88
Dove soffiano i venti più forti?
Quanto pesa l'aria?
Perché il lago Natron è rosso?
Che cosa sono le nubi nottilucenti? ..... Pag. 89
Un fiume potrebbe cambiare direzione? ..... Pag. 90
Quali sono le zone della Terra in cui cadono più fulmini?
A che velocità scende una goccia di pioggia? ..... Pag. 91
Perché l'acqua del mare è salata? ..... Pag. 92
Che cosa sono le sabbie mobili?
Quanto ghiaccio si trova ai poli? ..... Pag. 93

Le grandi domande: Cos'è la fotosintesi clorofilliana? ..... **Pag. 94**

Che frutto è il chinotto? ..... Pag. 102
Ci sono piante che si muovono?
Qual è la differenza tra frutto e legume? ..... Pag. 103
Che cosa sono le luffe?
Perché la temperatura si abbassa più si va in alto? ..... Pag. 104
Quali sono state le eruzioni più gravi degli ultimi anni?
Che differenza c'è tra animali e vegetali? ..... Pag. 105
Perché le foglie in autunno cambiano colore?
I fiori possono dirci l'ora? ..... Pag. 106
Fino a che profondità c'è vita sotto terra? ..... Pag. 108
Esistono zone aride nel mare?
Come si fanno gli anelli di fumo?
Si può distinguere l'alba dal tramonto? ..... Pag. 109
È vero che la Luna può produrre arcobaleni?
È vero che ci sono alberi colpiti più spesso dai fulmini?
È vero che un seme può germogliare anche dopo 1.000 anni?
Esiste un'erba che non cresce? ..... Pag. 110
Perché di solito quando nevica non ci sono fulmini?
Perché i laghi non filtrano nel sottosuolo?
Può crescere una pianta da una noce di cocco? ..... Pag. 111
Qual è la pianta più rara? ..... Pag. 112
Qual è il fiore più grande del mondo?
Quale pianta ha il seme più grande?
Quanto può essere grande una foglia?
Qual è la pianta più longeva?
Che cosa sono le folgoriti? ..... Pag. 113
Quante varietà di banane esistono?
Perché spesso dentro le arance c'è un piccolo arancino?
Che cosa sono gli alberi bottiglia? E gli alberi piovra? E gli alberi di Giosuè?

ANIMALI ..... **PAG. 114**

Le grandi domande: Che cos'è la biodiversità? ..... **Pag. 116**

È in atto una nuova estinzione di massa? ..... Pag. 126
Perché la tela non incolla il ragno? ..... Pag. 128
Come riescono i ricci ad accoppiarsi senza pungersi? ..... Pag. 130
Perché la lingua dei serpenti è biforcuta?
Esiste davvero il calamaro gigante?
Come mai gli stormi di uccelli volano in formazione a "V"? ..... Pag. 131
Anche tra gli animali ci sono omosessuali? ..... Pag. 132

E vero che gli anfibi sono in via d'estinzione?
Perché si dice "occhio di lince"? ..... Pag. 133
Come fa un picchio a non danneggiare il cervello colpendo i tronchi? ..... Pag. 134
Qual è l'animale più velenoso?
Come vedono gli animali sott'acqua?
Perché non esistono mammiferi di colore verde? ..... Pag. 135
Perché le uova non sono rotonde? ..... Pag. 136
Animali da primato: dal più lento... al più longevo
Nelle gobbe dei cammelli c'è l'acqua? ..... Pag. 137
I pesci si riposano dormendo?
Perché le farfalle diurne hanno colori più vivaci?
Perché molti uccelli stanno in equilibrio su una sola zampa? ..... Pag. 138
Si può capire il sesso degli uccelli?
Gli animali piangono? ..... Pag. 139
Che animale è il tarsio?
Perché esistono tante razze di cani? ..... Pag. 140
Il camaleonte come fa a mutare colore?
Quanto sopravvive un pesce ingoiato intero da un altro pesce?
Come fanno i serpenti a inghiottire prede gigantesche? ..... Pag. 141
Tutti gli animali sono addomesticabili?
Come raccolgono gli oggetti più piccoli gli elefanti?
Come riescono alcuni insetti a camminare sull'acqua? ..... Pag. 142
Che tipo di animale era il "kraken"? È davvero esistito?
Perché non c'è un alimento al gusto di topo?
Perché i gatti odiano l'acqua e adorano il pesce? ..... Pag. 143
Perché i gatti non ruggiscono come altri felini?
Animali grandi hanno spermatozoi più grandi?
Quanto lontano dal nido possono spingersi le formiche?

Le grandi domande: Evoluzione: quali sono i suoi meccanismi? ..... Pag. 144

È vero che la Luna può influire sul comportamento animale? ..... Pag. 155
Anche i calabroni fanno il miele? ..... Pag. 156
Gli animali nel sonno russano? E sognano? ..... Pag. 157
Il morso di vipera è spesso mortale?
Perché le formiche, incontrandosi, restano per qualche istante testa contro testa?
Qual è il mammifero più alto? E il più basso? ..... Pag. 158
Gli elefanti si tengono davvero per la coda? ..... Pag. 159
Cosa accade se gli erbivori mangiano carne?
Le scimmie hanno le mestruazioni?
Perché gli animali, quando dormono, non cadono dai rami degli alberi? ..... Pag. 160
Una zanzara muore se non succhia sangue?
Le zanzare sono colpite dalle gocce di pioggia?
Ci sono persone che attraggono le zanzare molto più di altre?
Gli animali del circo lavorano volentieri? ..... Pag. 161
Perché alcuni pesci mettono in bocca i sassolini del fondo e poi li sputano?
Anche gli animali possono impazzire?
Come fanno i pinguini a ritrovarsi nella folla? ..... Pag. 162
Quante varietà di pesci rossi ci sono? ..... Pag. 165
Quanto a lungo vivono i pesci rossi?
Di quanta acqua hanno bisogno i pesci rossi?
È vero che ci sono animali con il sangue blu?
È vero che un anno per un cane equivale a sette per un uomo?
È vero che anche i pesci sudano?
È vero che gli uccelli non sono dotati del senso dell'olfatto?
L'inquinamento causa mutazioni genetiche? ..... Pag. 166
Perché i cavalli dormono in piedi?
Tutti gli animali dormono?
Animali di specie diverse possono comunicare fra loro? ..... Pag. 167
Esistono uccelli velenosi?
Perché gli squali martello hanno un capo così particolare? ..... Pag. 168
Quali animali addomesticheremo nel prossimo futuro?
Perché gli squali attaccano l'uomo? ..... Pag. 169
Come riescono ad accoppiarsi le tartarughe?
Il veleno delle meduse può essere mortale? ..... Pag. 170
Com'è la vita sessuale degli animali?
Perché gli insetti sono attratti dalla luce? ..... Pag. 171
Fino a che altitudine sono in grado di volare gli insetti?
Perché gli insetti si radunano in colonne?
Perché gli insetti muoiono a pancia in su?
È possibile effettuare una misurazione del metano prodotto dagli animali? ..... Pag. 172
Perché i cani girano su loro stessi prima di accucciarsi?
Perché i cani piegano la testa di lato quando gli si parla o sentono suoni insoliti?
Quanta lana produce una pecora?
Ci sono uccelli che fanno nidi comunitari? ..... Pag. 173
Quanto può essere lunga la lingua di un animale?
Qual è la lingua più sensibile al gusto?
Quanto può pesare una lingua?

Le grandi domande: Che cos'è l'etologia? ..... Pag. 174

L'orso è davvero pigro come si dice? ..... Pag. 186
Cinque cose che non sapevate sugli orsi ..... pag. 187
I cani soffrono il mal d'auto? ..... Pag. 188
Gli animali soffrono di carie?
Un gatto può essere allergico agli uomini? ..... Pag. 189
Perché i pinguini camminano in colonna?
Per quale motivo non ci sono pinguini al Polo Nord?
Si possono addomesticare le zebre? ..... Pag. 190
Che tipo di verso fa la zebra?
Esistono animali mancini?
I cani e i gatti riescono a vedere le immagini della televisione? ..... Pag. 191
Come fanno gli uccelli che dormono su un ramo a non cadere?
Qual è il più grande uovo d'uccello mai esistito? E il più piccolo? ..... Pag. 192
Gli animali d'acqua dolce muoiono in acqua salata?
Le balene bevono? ..... Pag. 193
Come fanno le mosche a stare attaccate al soffitto senza cadere?
Che cosa mangiano le mosche?
È vero che gli ippopotami sono aggressivi? ..... Pag. 194
Gli animali possiedono gli stessi gruppi sanguigni dell'uomo? ..... Pag. 195
Perché le anguille vanno fino al Mar dei Sargassi?
Quanti cani randagi ci sono in Italia? ..... Pag. 196
I gatti si possono addestrare?
I gatti sanno nuotare?
Ci sono animali con un occhio?
Quanto incide il colore della pecora su quello della lana? ..... Pag. 197
Agli animali piace la musica? ..... Pag. 198
Quanti insetti si spiaccicano ogni anno sul parabrezza di un'auto?
Perché i gorilla si battono il petto con i pugni? ..... Pag. 199
Perché gli uccelli, quando dormono, nascondono la testa sotto l'ala? ..... Pag. 200
Gli animali da corsa "sentono" di partecipare a una gara?
Perché talvolta i pesci rossi si aggrediscono? ..... Pag. 201
Sono possibili accoppiamenti fra specie diverse?
I rospi possono essere nocivi? ..... Pag. 202
Che cos'è l'imprinting?
Gli scorpioni sono davvero letali? ..... Pag. 203
Quanti "piedi" hanno in realtà i millepiedi?
Quanto vivono i ragni?

Lo spettacolo della scienza: Paesaggi incredibili ..... Pag. 204

PARTE PRIMA

N A T U R A

Da sempre l'uomo si è interrogato su ciò che lo circonda, gli elementi primordiali di acqua, terra, aria e fuoco. La scienza ha dato molte risposte ai fenomeni che più ci attraggono e ci spaventano: un'eruzione vulcanica non è più interpretata come manifestazione della furia di creature soprannaturali, l'arcobaleno continua ad affascinarci ma non ha più segreti, lo studio del suolo e dei vegetali ha permesso sviluppi impensabili dell'agricoltura, che è oggi in grado di sostenere miliardi di persone. Nelle prossime pagine decine di quesiti (e le relative risposte) per soddisfare in modo chiaro ed esaustivo tutte le possibili curiosità sull'aria che respiriamo, la terra su cui camminiamo, l'acqua che beviamo…

COM'È FATTA L'ATMOSFERA?

Tutte le scoperte, vecchie e nuove, sull'aria che ci circonda. Uno strato sottile in cui avvengono fenomeni fondamentali per la vita sul pianeta.

COM'È FATTA LA TERRA?

La crosta terrestre è spessa circa 50 km, ma noi ne usiamo appena lo 0,01% per le fondamenta delle nostre case... e lo 0,0005% (poche decine di centimetri) per le coltivazioni.

COME SONO NATI GLI OCEANI?

Sono l'unica parte della Terra ancora parzialmente inesplorata, ospitano gli animali più grandi, proteggono dall'effetto serra, producono oltre la metà dell'ossigeno, regolano il clima, contengono il 97% dell'acqua e il 90% dei vulcani... E danno al pianeta il suo caratteristico colore azzurro.

COS'È LA FOTOSINTESI CLOROFILLIANA?

Le piante sono in grado di trarre cibo (zuccheri) da luce, aria e acqua, emettendo prezioso ossigeno come scarto. Ecco come funziona questo importante meccanismo.

Com'è fatta l'atmosfera?

Che cos'è la troposfera? E la mesosfera? Come nascono i venti? Quando è arrivato l'ossigeno? E lo sapevate che, salendo in quota, la temperatura prima diminuisce e poi sale? Tutte le scoperte, vecchie e nuove, sull'aria che ci circonda.

L'atmosfera, che ci sembra immensa quando alziamo gli occhi al cielo, è in realtà uno strato sottilissimo. Se la Terra fosse un mappamondo di 1 metro di diametro, lo strato d'aria respirabile avrebbe uno spessore di soli 7-8 decimi di millimetro. Nella realtà, la fascia dove può svilupparsi la vita si spinge sino a 10-13 chilometri d'altezza: a quote più elevate, la scarsità d'ossigeno, il freddo e le radiazioni provenienti dallo spazio la renderebbero impossibile.

Allo studio di questo sottile, ma fondamentale, strato di gas concorrono scienziati di varie discipline. I meteorologi cercano di comprendere, rilevare e prevedere gli eventi relativi alle precipitazioni, dai temporali alle nevicate, i fisici studiano per esempio le interazioni tra l'atmosfera e le particelle provenienti dall'esterno, come i raggi cosmici o il vento solare, i glaciologi hanno contribuito a spiegare come si è evoluta l'atmosfera negli ultimi 500 mila anni, studiando campioni di gas rimasti intrappolati nei ghiacci antartici o groenlandesi, i geologi riescono a spingersi ancora più indietro nel tempo, fino a qualche centinaio di ▶

La Terra vista dallo spazio
L'atmosfera terrestre come appariva nel 1965 dal veicolo spaziale Gemini V.

La pellicola della vita

Ecco i dati principali raccolti fino a questo momento sull'atmosfera terrestre.

spessore dell'aria respirabile	10-13 km
spessore del 99% dell'atmosfera	40 km
confine estremo	2.500 km
pressione media al suolo	1.030 g/cm²
pressione a 40 km di quota	10 g/cm²
composizione:	
- azoto	78%
- ossigeno	21%
- argon	0,9%
- altri gas	0,1%

Gli sbuffi dei crateri

Alcuni geologi sul monte St. Helens, vulcano noto per una disastrosa eruzione nel 1980. Proprio con le eruzioni sono stati portati in superficie molti dei gas che formano l'attuale atmosfera.

milioni di anni, analizzando l'ossigeno presente nelle rocce, i biologi, studiando l'evoluzione della vita, contribuiscono alla comprensione delle trasformazioni che l'atmosfera ha subito nel tempo, e i matematici cercano di prevedere la sua evoluzione futura creando modelli da far elaborare ai computer.

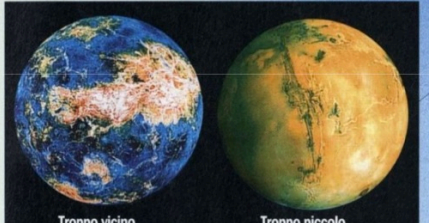
Ultime tracce a 2.500 chilometri

Che cos'hanno scoperto? Prima di tutto che l'atmosfera è una miscela di gas, che diventa sempre più rarefatta mano a mano che si sale. Il 99% della massa dei gas atmosferici si trova infatti nei primi 40 km di quota, e a questa altezza la pressione è ormai circa 1/100 di quella rilevabile sulla superficie; a 100 km è diminuita fino a poco più di un centomillesimo. Il limite dell'atmosfera si trova a circa 2.500 km di quota, cioè dove la densità degli atomi diventa pari a quella presente nel vuoto interplanetario.

Per tenere conto di queste enormi differenze, l'atmosfera è stata suddivisa in due fasce: bassa (sotto i 100 km) e alta atmosfera, a loro volta suddivise in varie regioni (v. disegno a destra). La parte che noi respiriamo è costituita da un miscuglio di gas cui viene dato il nome di aria, costituita per circa il 78% da azoto, per il 21% da ossigeno, per lo 0,9% da argon, per lo 0,03% da anidride carbonica e da piccole quantità di altri gas come neon, elio, krypton, xeno, idrogeno ecc.

Ma l'atmosfera non ha sempre avuto questa composizione. Nei primi milioni di anni di vita della Terra era probabilmente simile a quella che circonda Giove o Saturno, cioè una miscela di idrogeno, metano, vapore acqueo e ammoniaca. A trasformarla sono stati i vulcani, oggi ne siamo certi. Ma all'inizio questa risposta non era affatto ovvia: tra i gas emessi dai vulcani, infatti, sono presenti soprattutto vapor d'acqua e anidride carbonica, non azoto.

Ma, allora, da dov'è arrivato l'azoto? E dove sono finiti vapor d'acqua e anidride carbonica? La risposta si cela in due caratteristiche del nostro pianeta. Prima di tutto la sua distanza dal Sole, che ha permesso al vapore acqueo di condensare e formare gli oceani. Come conseguenza, grandi quantità di anidride carbonica atmosferica sono ▶



Le atmosfere degli altri

A sinistra, Venere: troppo vicino al Sole, aria troppo ricca di anidride carbonica. A destra, Marte. Troppo lontano, ma soprattutto troppo piccolo: così gran parte della sua aria è sfuggita nello spazio.

ALTA ATMOSFERA

Sopra i 100 km inizia l'alta atmosfera (o eterosfera): fino a 200 km predomina l'azoto, fra i 200 e i 1.100 km vi è ossigeno, poi elio e, so-pra 2.500 km, qua-si solo idrogeno. Nell'alta atmosfera la temperatura riprende a crescere, tanto che si parla di termosfera tra i 100 e i 400 km. La parte più esterna è chiamata invece esosfera.

STRATOSFERA

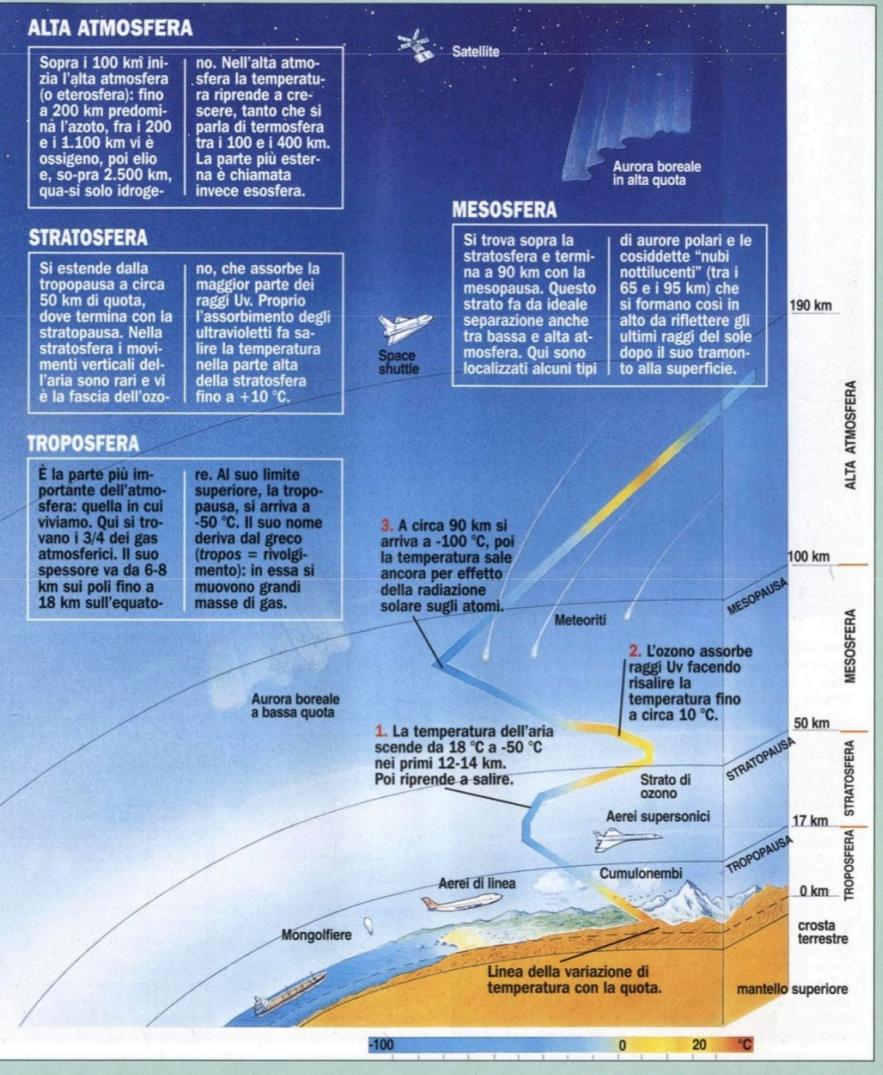
Si estende dalla tropopausa a circa 50 km di quota, dove termina con la stratopausa. Nella stratosfera i movimenti verticali dell'aria sono rari e vi è la fascia dell'ozono, che assorbe la maggior parte dei raggi Uv. Proprio l'assorbimento degli ultravioletti fa salire la temperatura nella parte alta della stratosfera fino a +10 °C.

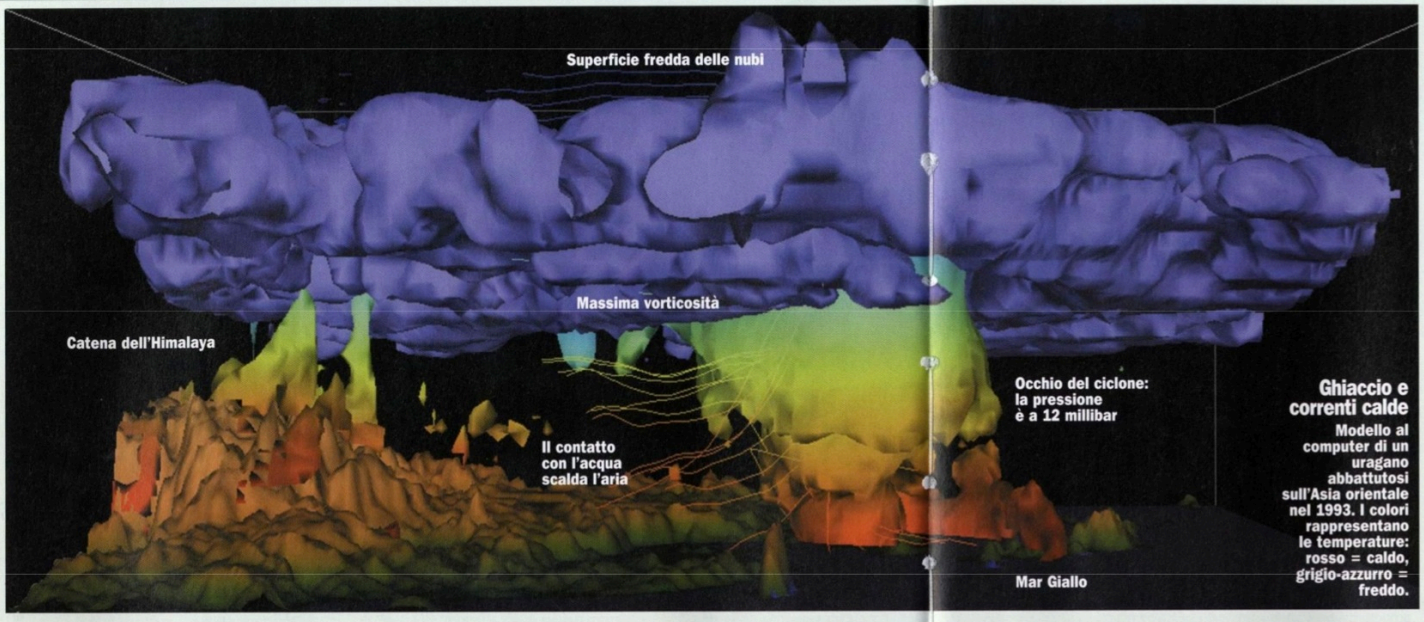
TROPOSFERA

È la parte più importante dell'atmosfera: quella in cui viviamo. Qui si trovano i 3/4 dei gas atmosferici. Il suo spessore va da 6-8 km sui poli fino a 18 km sull'equatore. Al suo limite superiore, la tropopausa, si arriva a -50 °C. Il suo nome deriva dal greco (*tropos* = rivolgimento): in essa si muovono grandi masse di gas.

MESOSFERA

Si trova sopra la stratosfera e termina a 90 km con la mesopausa. Questo strato fa da ideale separazione anche tra bassa e alta atmosfera. Qui sono localizzati alcuni tipi di aurore polari e le cosiddette "nubi nottilucenti" (tra i 65 e i 95 km) che si formano così in alto da riflettere gli ultimi raggi del sole dopo il suo tramonto alla superficie.





Ghiaccio e correnti calde
Modello al computer di un uragano abbattutosi sull'Asia orientale nel 1993. I colori rappresentano le temperature: rosso = caldo, grigio-azzurro = freddo.

Che cos'è l'ozono? E da dove viene?

L'ozono è una forma di ossigeno con molecole formate da 3 atomi anziché 2, presente soprattutto in alta quota e in grado di intercettare buona parte dei raggi ultravioletti solari. **Ridotto del 60%.** Negli anni '70 si è scoperta una periodica rarefazione (non un buco, come si dice di solito) nello strato di ozono, soprattutto sull'Antartide (dove, in ottobre, diminuisce anche del 60%). Un'analoga diminuzione, i cui effetti si avvertono anche nell'Italia del nord, è stata scoperta sopra il Polo Nord. Nella primavera del 1998, per esempio, sul Mar Glaciale Artico si è rilevata una diminuzione del 30% rispetto alla media. L'ozono si forma nella stratosfera, sopra le aree equatoriali, per azione dei raggi solari sull'ossigeno, e viene poi trasportato ai poli dai venti stratosferici. **Colpa del cloro.** Il principale killer di questo gas è il cloro rilasciato dai clorofluorocarburi (Cfc), sostanze chimiche prodotte dall'uomo, talmente stabili da resistere fino a 100 anni nell'atmosfera. Oggi i Cfc sono al bando, ma quelli prodotti in passato continuano la loro azione. Ma l'uomo non è il solo colpevole: il cloro viene emesso anche da eruzioni vulcaniche come quella del Tambora (Indonesia), che nel 1815 riversò nell'atmosfera una quantità di cloro pari a 250 anni di produzione umana.

Lancio di un pallone per studiare l'ozono.

▶state inglobate dall'acqua e depositate sul fondo degli oceani. Se la Terra si fosse trovata più vicina al Sole di circa 30-40 milioni di chilometri, la temperatura sarebbe stata così elevata da impedire al vapore acqueo di condensare. E se, al contrario, fosse stata più lontana di 30-40 milioni di chilometri, la temperatura sarebbe stata così bassa che tutto il vapore acqueo si sarebbe solidificato in una coltre ghiacciata.

Arrivano vita e ossigeno

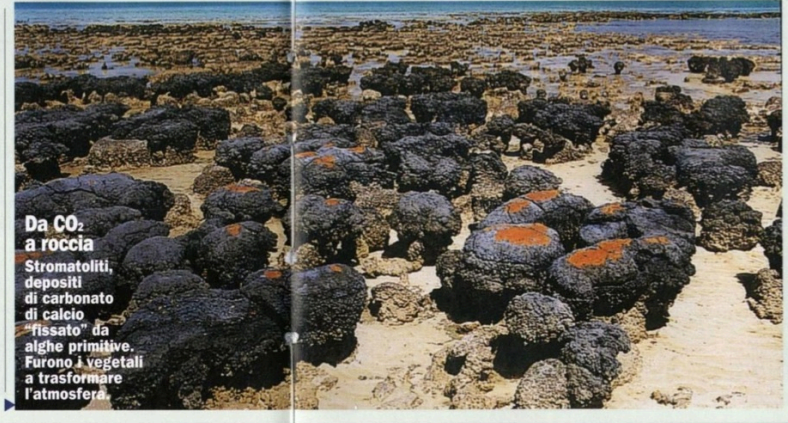
La seconda ragione dell'attuale composizione dell'atmosfera è la comparsa della vita vegetale. L'enorme quantità di ossigeno presente nell'atmosfera ha infatti origine in gran parte biologica.

Al contrario delle moderne piante però, le prime alghe non rilasciavano ossigeno direttamente nell'aria: l'ossigeno libero sarebbe stato un veleno per gli organismi che vivevano 3 miliardi di anni fa. Lo emettevano invece inglobato in un composto di ferro che si ritrova in molti strati geologici di età comprese tra i 3 e gli 1,5 miliardi di anni. Solo in seguito le piante furono in grado di vivere con l'ossigeno in circolazione nell'aria e, da allora, l'atmosfera ha raggiunto le caratteristiche attuali, con l'azoto che continuava ad accumularsi anche per scissione della molecola di ammoniaca (composta da azoto e idrogeno) da parte dei raggi solari.

Gli strumenti per studiarla

Lo studio dell'atmosfera nella sua globalità è in realtà recentissimo, se lo si paragona allo studio del tempo atmosferico, che fonda le proprie radici addirittura nell'antico Egitto.

Solo quando trovò il modo di alzarsi da terra, infatti, l'uomo iniziò a studiare anche gli strati più alti. Uno dei pionieri fu Louis Gay-Lussac, che nel 1804 si spinse fino a 7 mila metri di altitudine, compiendo le prime analisi scientifiche dell'aria ad alta quota.


Da CO_2 a roccia
Stromatoliti, depositi di carbonato di calcio "fissato" da alghe primitive. Furono i vegetali a trasformare l'atmosfera.

Terremoto? No, il vento
Uno tra i più spettacolari esempi delle capacità distruttive di un uragano: asfalto stradale divelto a Oak Island, nella Carolina del Nord.

Più tardi, Leon de Bort eseguì a Parigi centinaia di esperimenti, scoprendo che tra 9 e 13 km di quota la temperatura aumenta anziché diminuire: era la scoperta della stratosfera.

Ma questi non erano che tentativi pionieristici. Si dovette attendere la nascita di organizzazioni internazionali (in grado di raccogliere con sistematicità dati meteorologici e ambientali da tutto il mondo) per ottenere un quadro della struttura dell'atmosfera a livello planetario, sia in senso orizzontale sia verticale. L'Organizzazione meteorologica mondiale (Omm), oggi la più rappresentativa, fu fondata dall'Onu nel 1951, sulle ceneri della Organizzazione meteorologica internazionale, nata nel 1873.

L'opera di questi enti è stata poi resa più efficace dagli sviluppi della tecnologia. Come i satelliti ambientali, in grado di misurare le caratteristiche dell'atmosfera a diverse quote, grazie a strumenti che inviano onde radio a lunghezza diversa. La lettura all'infrarosso, poi, misura la temperatura della sommità delle nubi.

Raggi laser verso le nuvole

A bordo dei satelliti sono stati inseriti anche strumenti in grado di rilevare 24 ore al giorno la presenza di ozono e tracciarne le variazioni quotidiane. Uno di questi è il Gome (Global ozone monitoring experiment) che è in grado di rilevare lo spettro dell'ozono e quindi verificarne la presenza e la quantità. Si usa poi il Lidar (Light detection and ranging), un apparecchio che invia speciali raggi laser da terra verso le nuvole, per individuare la presenza di aerosol, cristalli di ghiaccio, gas e vapore acqueo dispersi nell'atmosfera.

Funziona grazie a un raggio laser la cui luce viene riflessa e di-spersa proprio in base al tipo e alla quantità di elementi che vi sono in circolazione.

Il pianeta si scalda o no?

Nella parte più bassa dell'atmosfera si gioca un fenomeno di vitale importanza: l'effetto serra, il fenomeno per cui il calore rilasciato dalla superficie terrestre viene intrappolato da elementi quali vapore acqueo e anidride carbonica. Se non ci fosse, la temperatura sarebbe bassissima, ma se fosse troppo accentuato si rischierebbe il surriscaldamento del pianeta. Finora, l'effetto serra è stato per noi prezioso, dal momento che ha permesso lo sviluppo della vita. Ma da anni è stato lanciato l'allarme sul rischio che possa aumentare troppo, a causa delle attività umane (in particolare per l'anidride carbonica emessa bruciando combustibili fossili). A questo proposito c'è però un mistero: è innegabile che la superficie terrestre si stia riscaldando, ma ciò non avviene nell'atmosfera che le sta appena sopra. Anzi, sembra che la troposfera (lo strato d'aria che respiriamo) si stia addirittura raffreddando. Le misure sorprendono gli scienziati, tant'è che molti stentano a credere ai dati, perché le simulazioni al computer prevedono invece un riscaldamento della troposfera ancor più rapido di quello della superficie.

«L'atmosfera è certamente più complessa dei modelli al computer» fa notare Roy Spencer del Global hydrology and climate center della Nasa «ma non dovrebbe comunque comportarsi in modo op-

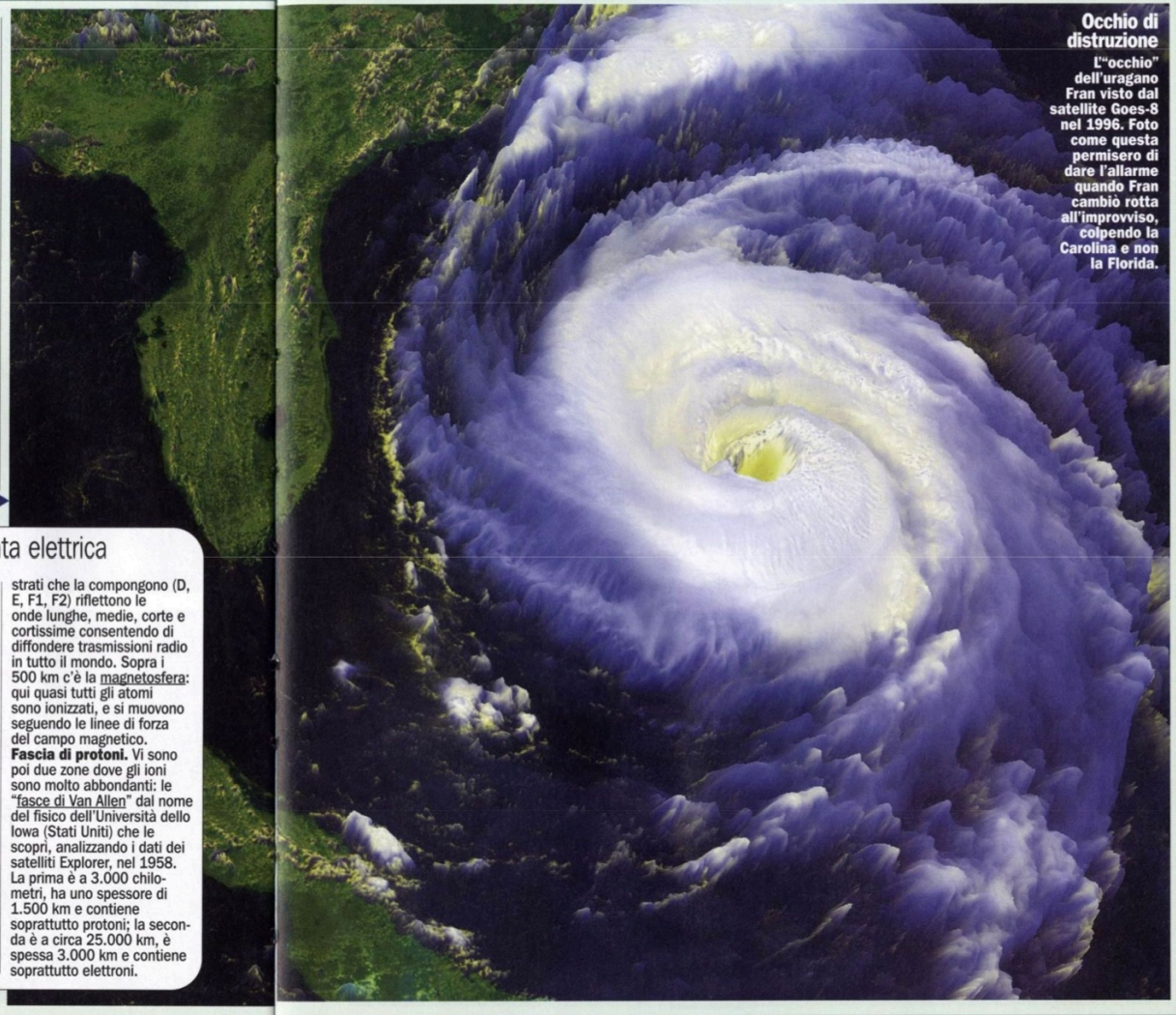
CAMPI MAGNETICI

E in quota l'aria diventa elettrica

Esiste una suddivisione dell'atmosfera non in base a quote o temperature, ma alle sue caratteristiche elettriche. Inizia sopra i 50-70 km, dove sono presenti molti ioni, atomi o molecole elettricamente carichi, prodotti dai bombardamenti di raggi X, raggi Uv e raggi cosmici. Questa parte dell'atmosfera si estende fino a 500 km di quota e viene denominata ionosfera. I vari strati che la compongono (D, E, F1, F2) riflettono le onde lunghe, medie, corte e cortissime consentendo di diffondere trasmissioni radio in tutto il mondo. Sopra i 500 km c'è la magnetosfera: qui quasi tutti gli atomi sono ionizzati, e si muovono seguendo le linee di forza del campo magnetico.

Fascia di protoni. Vi sono poi due zone dove gli ioni sono molto abbondanti: le "fasce di Van Allen" dal nome del fisico dell'Università dello Iowa (Stati Uniti) che le scoprì, analizzando i dati dei satelliti Explorer, nel 1958. La prima è a 3.000 chilometri, ha uno spessore di 1.500 km e contiene soprattutto protoni; la seconda è a circa 25.000 km, è spessa 3.000 km e contiene soprattutto elettroni.

James Van Allen, fisico Usa. Due zone della atmosfera portano il suo nome.



Occhio di distruzione

L'"occhio" dell'uragano Fran visto dal satellite Goes-8 nel 1996. Foto come questa permisero di dare l'allarme quando Fran cambiò rotta all'improvviso, colpendo la Carolina e non la Florida.

Due passi sull'antenna
La gigantesca antenna radar dell'Eiscat Station, in Norvegia, usata per studiare l'alta atmosfera.

posto alle previsioni». Senza sbilanciarsi in tentativi di spiegazione del fenomeno, Spencer mostra i dati in suo possesso, dove si osserva che i termometri in superficie misurano un aumento di 0,2 °C al decennio. In base a ciò, i modelli al computer prevedono un aumento nella parte più bassa della troposfera (fino a circa 8 km di quota) di 0,6 °C. Ma i satelliti ambientali dicono che non è così: l'aumento della temperatura dell'atmosfera è stato di soli 0,05 °C al decennio negli ultimi 30 anni. Addirittura, prima dell'innalzamento delle temperature dovute al fenomeno del Niño nel 1997-98, la temperatura media della troposfera era in diminuzione di 0,01 °C al decennio.

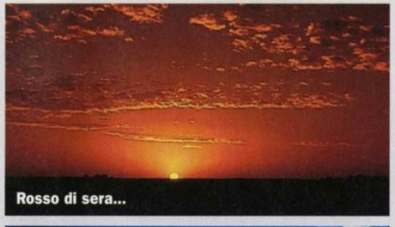
Dati alterati per l'effetto asfalto?

Per spiegare l'anomalia sono state finora avanzate soltanto ipotesi. «Il buco nell'ozono, sconosciuti effetti collaterali delle grandi eruzioni vulcaniche e l'aerosol (il pulviscolo dell'atmosfera) possono avere importanti effetti sulla temperatura atmosferica, ma nessuno scienziato ha condotto, al momento, serie ricerche globali» osserva Roy Spencer.

È anche possibile che i dati raccolti alla superficie siano stati alterati da un fenomeno noto come "effetto asfalto", che fa aumentare le reali temperature della superficie. La maggior parte dei termometri per la raccolta dei dati, infatti, si trova in prossimità degli aeroporti e dunque potrebbero essere influenzati dal riscaldamento localizzato delle grandi città. Ma anche questa è soltanto un'ipotesi. L'unico fatto concreto è che i satelliti coprono l'intera superficie terrestre, oceani e foreste comprese e raccolgono dati provenienti dai vari livelli dell'atmosfera, con precisione assoluta. ❑

Perché il cielo cambia colore?

A volte il cielo sembra colorato da pigmenti, tanto sono intensi i suoi colori. Tutto invece dipende da fenomeni ottici. La luce solare è formata da più colori, ciascuno con la sua lunghezza d'onda. **Raggi obliqui.** Le onde più corte, viola, indaco e blu, sono diffuse meglio di quelle lunghe e danno origine al familiare colore azzurro del cielo, che prevale per molte ore della giornata. Lasciando quindi posto al rosso solo al tramonto, quando l'azzurro dei raggi, più obliqui, è stato ormai "consumato".



Rosso di sera...

... e azzurro di giorno: perché?

Come respira il nostro pianeta?

Brezze e monsoni, piogge e grandinate, celle convettive e cumulonembi: ecco come nascono molti dei principali fenomeni atmosferici.

Che il vento possa essere piacevole lo si scopre quando soffia nelle afose giornate estive. Che sia utile lo si deduce da un dato: solo nel 1999 sono state installate centrali eoliche per 3.600 megawatt, pari a 3 piccole centrali nucleari. Che possa essere catastrofico lo dimostra ciò che lascia dietro di sé quando soffia a 300 all'ora negli uragani tropicali. Ciò che, invece, non si percepisce mai è che brezze e cicloni fanno tutti parte di masse d'aria molto più grandi, che possono essere alte quanto l'intera troposfera e avere una base estesa migliaia di chilometri quadrati.

L'origine di zefiri e cicloni

La causa prima nella formazione dei venti è il contatto tra l'aria e il suolo o il mare, che trasferisce calore dalla superficie all'aria. Ma a livello locale i venti nascono dagli spostamenti di masse d'aria tra zone a diversa pressione: come quando si mettono in comunicazione due vasche piene d'acqua situate a quote diverse.

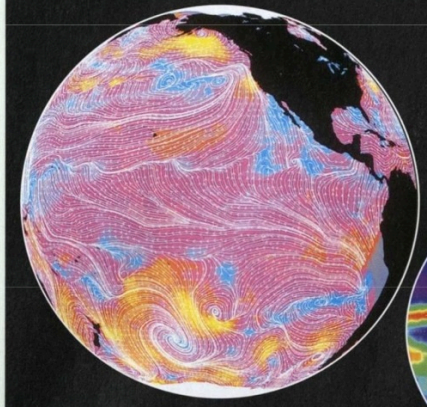
Ma come fanno due masse d'aria confinanti ad avere pressioni diverse? Per rispondere, pensiamo a un'isola nel Mediterraneo. In estate il suolo si scalda più velocemente dell'acqua: l'aria calda sale dal suolo sopra l'isola, si espande e dà vita a un'area di minore pressione, mentre l'aria più fredda sul mare forma attorno all'isola aree di pressione più alta. Quando l'aria calda sale, l'aria più fredda si muove immediatamente verso l'isola per prenderne il posto: nasce il vento.

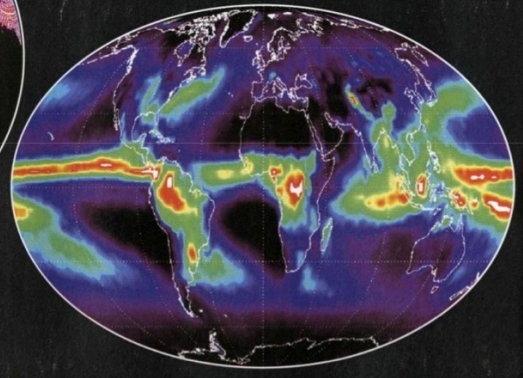
Queste situazioni, note come celle di Hadley dal nome dello studioso che ne ipotizzò l'esistenza nel 1753, si manifestano anche su grande scala. Fra l'equatore e i poli si contano tre "celle convettive di circolazione": nella prima l'aria sale a 60° di latitudine e scende ai poli, nella seconda sale a latitudine 30° e scende a 60°, nella terza sale all'equatore e scende a latitudine 30°.

La velocità del vento dipende dunque solo dalle differenze di pressione tra un punto e l'altro. Un vento violentissimo come la bora che soffia a Trieste, per esempio, dipende dalla notevole differenza di pressione tra l'altopiano del Carso e il mare, per cui l'aria cade su Trieste a precipizio, come l'acqua di un'altissima cascata. La velocità di caduta dell'acqua di una cascata dipende infatti, in buona misura, dal dislivello.

In teoria, quindi, i venti dovrebbero essere sempre per- ▶

Scontro di particelle
Un'aurora boreale: a causarla è lo scontro tra le particelle elettricamente cariche del vento solare e quelle della nostra atmosfera.





Piovosità media

Schema della piovosità media annua, elaborato con 11 anni di misure da satellite. Le aree di piovosità più intensa, nelle zone tropicali, sono in rosso e giallo: qui cadono in media 4.000 mm di pioggia all'anno.

Le correnti del cielo

Mappa dei venti sul Pacifico, realizzata grazie ai satelliti: le linee indicano le direzioni dei flussi d'aria, i colori mostrano la velocità. Azzurro = 0-14 km/h, rosa = 15-43 km/h, arancio = 44-72 km/h.

Tutte le nubi della Terra

Sopra, immagine della copertura nuvolosa del pianeta realizzata il 15 ottobre 1983, assemblando i dati raccolti in un'ora dai satelliti geostazionari: è stata usata per elaborare modelli climatici a lungo termine.

Raggio verde sulle nuvole

Il Lidar, un tipo di radar il cui raggio verde è in grado di valutare la composizione delle nubi entro un raggio di 100 km. Funziona esaminando il modo in cui le nubi assorbono e riflettono la luce che le colpisce.

pendicolari alle isobare, cioè alle linee ideali che uniscono i punti con identica pressione. È così accadrebbe se il pianeta non ruotasse su se stesso. Il primo a notarlo fu, nel 1835, Gustave Gaspard de Coriolis (dal quale prese il nome la forza detta, appunto, di Coriolis). L'effetto di trascinamento dato da questa forza fa sì che i venti tendano a spostarsi verso sinistra (con la consueta convenzione che il "nord" stia in alto), trascinati dalla rotazione del pianeta.

L'insieme di queste grandi forze planetarie, ovvero le differenze di pressione dovute al diverso grado di riscaldamento dell'aria e la forza di Coriolis, determinano la direzione dei grandi spostamenti di aria al suolo. Alcuni di essi sono così importanti da meritarsi un nome.

Le autostrade dell'aria

Gli alisei, per esempio, spirano dalle aree tropicali verso l'equatore, muovendosi da nord-est a sud-ovest nel nostro emisfero, e da sud-est a nord-ovest nell'emisfero australe. Sono venti costanti, attivi tutto l'anno con velocità medie di 15-20 km/h.

I monsoni sono invece venti periodici (il nome è di origine araba: in arabo *mausim* significa stagione) e caratteristici del subcontinente indiano, della penisola indocinese e delle regioni meridionali della Cina. Spirano durante l'estate dall'oceano Indiano verso l'interno del continente asiatico e portano piogge abbondanti (monsone estivo). Durante l'inverno spirano dall'interno del continente asiatico verso l'oceano Indiano e sono costituiti da aria povera di umidità, che dà origine a una stagione secca e calda (monsone invernale). I monsoni nascono perché d'estate l'interno dell'Asia si riscalda, diventando una zona di bassa pressione permanente che attira aria umida dall'oceano.

Vi sono poi i venti occidentali e i venti polari, che si formano con un meccanismo simile a quello degli alisei, ma a latitudini più alte.

Per le gocce, sale o ghiaccio

Dopo i venti, le nubi sono il fenomeno più importante della troposfera. Ma non tutte danno luogo a precipitazioni. Perché si formi una sola goccia di pioggia, infatti, occorre fino a un milione di goccioline di "acqua di nube" (che sono piccolissime: hanno diametri tra i 20 e i 50 millesimi di millimetro). In caso contrario, le correnti ascensionali battono la forza di gravità, e la goccia resta per aria. Il processo di ingrossamento delle goccioline è chiamato coalescenza e si manifesta più facilmente se nella nube sono presenti alcune "prime gocce" più grosse, che si formano intorno a nuclei di sale (una situazione tipica delle zone tropicali).

Alle nostre latitudini le precipitazioni sono più spesso dovute all'effetto Bergeron-Findeisen, dal nome dei due ricercatori (svedese e tedesco) che lo spiegarono negli anni Trenta. L'effetto si manifesta quando la parte alta delle nubi è a -2,5 °C, una ▶

DIREZIONI Come si chiamano i venti?

Ogni regione della Terra ha i suoi venti, contraddistinti da nomi che derivano da tradizioni locali. Ecco quali sono i nostri, cioè quelli che interessano l'area del Mediterraneo.

- Tramontana (da nord)
- Levante (da est)
- Austro (da sud)
- Ponente (da ovest)

Intermedi. Vi sono anche venti che caratterizzano le direzioni intermedie tra quelle dei punti cardinali.

- Grecale (da nord-est)
- Maestrale (da nord-ovest)
- Libeccio (da sud-ovest)
- Scirocco (da sud-est)

I venti che spirano da sud sono tutti di provenienza africana e, di conseguenza, sono caldi e carichi di vapore acqueo raccolto nel corso del passaggio sul Mediterraneo. Ecco perché venti come il libeccio, l'austro e soprattutto lo scirocco portano con sé un'aria afosa e opprimente.

Asciutti. I venti da nord, invece, soprattutto nella stagione invernale, sono freddi e secchi per cui portano in genere tempo sereno (perché non favoriscono la formazione di nuvole) ma anche freddo.

La Rosa dei Venti in una tavola dell'"Arte del navigare", XVI sec.

Previsioni controllate
Il Meteosat 2, tra i più nuovi satelliti meteorologici, è sottoposto a test nei laboratori olandesi dell'Agenzia spaziale europea, a Noordwijk.

Alluvioni e smottamenti del suolo: saranno prevedibili?

Come ogni barriera sul percorso dei venti, le Alpi sono un elemento fondamentale nello sviluppo del clima del Nord Italia. La loro influenza si estende anzi sull'intera area mediterranea. Solo oggi, però, è stata avviata una raccolta dettagliata dei parametri atmosferici sull'arco alpino, con il Map (Programma alpino a mesoscala), uno studio che ha coinvolto 200 ricercatori di 13 diversi Paesi, tra i quali anche gli Stati Uniti e la Nuova Zelanda.

Alluvioni prevedibili. Usando satelliti geostazionari, aerei con sensori, speciali radar detti "lidar" e "dual doppler", palloni sonda e radar fissi tradizionali, i ricercatori sono riusciti a mettere in rapporto l'entità delle precipitazioni in quota con l'aumento dei flussi d'acqua verso il fondovalle, raccogliendo dati che dovrebbero permettere di prevedere il rischio di alluvioni o smottamenti.

Effetto valle. Si sono anche raccolti dati importanti, secondo l'Istituto di scienze dell'atmosfera e dell'oceano (Isao) di Bologna, su come le valli alpine possono alterare la circolazione dell'aria, innescando fenomeni di alluvioni locali.

Il radar mobile Dow (Doppler on wheel) usato nel progetto Map.

temperatura abbastanza bassa da trasformare le gocciolline in piccoli cristalli di ghiaccio. Le correnti portano i cristalli di ghiaccio a quote più basse, dove diventano nuclei per la condensazione del vapore acqueo: i cristalli diventano fiocchi di neve e si appesantiscono finché non cominciano a cadere. Sarà pioggia o neve? Dipende soltanto dall'altezza a cui si trova il limite degli 0 °C. Se, come succede in estate, questo limite si trova tra i 3 mila e i 4 mila metri, durante la discesa i fiocchi di neve incontrano aria calda che li fa sciogliere. Ma, come è successo nel luglio di quest'anno, può capitare che nevichi anche d'estate a 2 mila metri, se il limite degli zero gradi si abbassa a sufficienza.

La dinamica del chicco

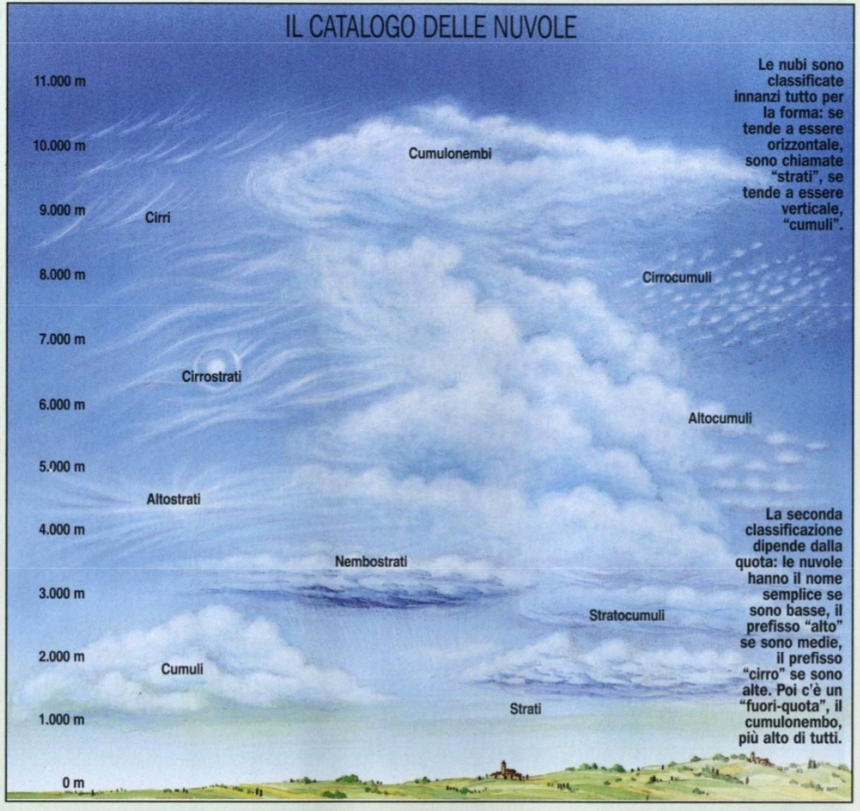
Nei grandi sistemi perturbati estivi, i temporali, si possono formare nubi molto strette e alte, con un diametro alla base di qualche chilometro ma alte fin quasi al limite della troposfera.

Queste nubi sono percorse da violenti moti convettivi che, tra l'altro, impediscono ai cristalli di ghiaccio di trasformarsi nella parte alta della nube in fragili cristalli di neve. Piuttosto si formano tozzi corpi ghiacciati i quali, ogni volta che scendono nella parte bassa della nube, raccolgono nuova acqua che poi gela quando risalgono nella parte più fredda. Si formano così chicchi che presentano una caratteristica struttura concentrica in seguito alle ripetute raccolte d'acqua.

Le dimensioni dei chicchi di grandine dipendono dal numero di nuclei di condensazione. In altre parole: in ogni nube ci sono o tanti chicchi piccoli o pochi chicchi grossi.

Le grandinate più rovinose in Italia sono costituite da chicchi di qualche centimetro, mentre nei Paesi tropicali non è eccezione avere grandinate con chicchi grandi più di 10 centimetri.

Ma pioggia, neve e grandine non sono gli unici elementi che possono cadere dal cielo. Anche la polvere può "precipitare". Un esempio lo si è avuto la scorsa primavera, quando una perturbazione sul Sahara ha sollevato dal suolo un'enorme quantità di pulviscolo, che ha raggiunto in poche ore l'Italia, depositando un sottile velo rossastro. ❑



Quanto è grande l'arcobaleno?

Una miriade di gocce d'acqua in sospensione sulle cascate Vittoria, in Zimbabwe, forma un arcobaleno.

L'arcobaleno è dato da una serie di rifrazioni e riflessioni (v. disegno a sinistra) dei raggi di luce che colpiscono goccioline d'acqua sospese nell'atmosfera. Non è possibile misurarlo perché le sue dimensioni dipendono sia da fattori ottici sia dalla posizione dell'osservatore.

A ciascuno il suo. Ogni osservatore vede infatti un suo arcobaleno: se, guardandolo, si sposta, si accorge che anche la dimensione dell'arcobaleno cambia. Se si cercasse, camminando nella sua direzione, di raggiungerlo, in un primo momento lo si vedrebbe allontanarsi ulteriormente, per poi osservarlo scomparire del tutto.

Più grande col sole basso. In generale, perché i raggi luminosi dell'arcobaleno arrivino al nostro occhio e possano quindi essere visti, il sole deve avere un'altezza sull'orizzonte minore di 42°. Solitamente riusciamo a vedere soltanto una parte dell'arcobaleno, tanto più grande quanto più il sole è basso, e lo vediamo interamente, con la sua caratteristica forma a semicerchio, solo quando il sole è proprio all'orizzonte. ❑

Cosa determina l'altezza dal suolo delle nuvole?

Altocumulo dalla strana forma di Ufo fotografato dal vulcano estinto Mauna Kea (Hawaii, Usa), alto 4.205 m. Queste nuvole si formano tra i 3 e i 4 mila metri.

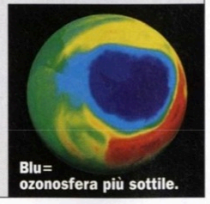
Dipende dalla temperatura dell'aria e dalla quantità di vapore d'acqua, di umidità, che essa contiene. Quando la temperatura dell'aria diminuisce, il vapore d'acqua che vi è contenuto tende a condensarsi in minute goccioline sulle particelle solide presenti nell'atmosfera (polveri) formando le nubi.

Salendo raffredda. La temperatura di una massa d'aria diminuisce sempre più mano a mano che essa si sposta verso l'alto. Questo succede per varie ragioni, per esempio quando l'aria incontra nei suoi movimenti una montagna, oppure quando la pressione scende.

Più vapore, nubi basse. Se l'aria che sale è molto ricca di vapore all'origine, l'aggregazione delle particelle d'acqua tra loro è più facile: basta una diminuzione della temperatura di pochi gradi per dar luogo alle nubi. Quindi la loro formazione si avrà in prossimità del suolo. Se invece l'aria è relativamente secca, cioè povera di vapore, dovrà salire molto in alto prima che il raffreddamento sia sufficiente a determinare la condensazione. In questo caso le nubi si formeranno a quote maggiori. ❑

Che cos'è il buco nell'ozono?

L'ozonosfera è uno strato di ozono che si trova tra 15 e 40 chilometri di altezza, importante in quanto crea una sorta di barriera contro i raggi ultravioletti, dannosi per gli esseri viventi. La sua integrità è minacciata da una serie di contaminanti (come i clorofluorocarburi) prodotti dall'uomo. L'assottigliamento dell'ozonosfera, tuttavia, non è omogeneo ma si concentra soprattutto sull'Antartide. Questo accade per la sua posizione geografica e la sua bassa temperatura. Le correnti della stratosfera vengono infatti convogliate nel cosiddetto "vortice polare", una specie di imbuto che raccoglie grandi quantità di clorofluorocarburi e li concentra proprio nei cieli del continente di ghiaccio. Gli scienziati che tengono sotto controllo il "buco" stimano che abbia ormai un'area pari a oltre 60 volte il territorio italiano.



Blu= ozonosfera più sottile.

Perché i temporali sulle città sono più violenti?

Accade soprattutto d'estate quando, per effetto del calore che si accumula (asfalto e cemento infatti lo trattengono più a lungo di quanto non facciano terra e prati), il suolo, colpito dalla pioggia, perde velocemente umidità. L'acqua che cade, quindi, evapora e risale, con l'effetto di gonfiare ancora di più le nuvole. All'interno delle nubi i granelli di acqua gelata si scontrano violentemente acquistando o perdendo elettroni (e quindi caricandosi positivamente o negativamente) e in questo "movimento" si lanciano a terra scariche elettriche (i fulmini). L'acqua caduta sul selciato evapora e il ciclo ricomincia. ❑

Partecipanti alla maratona di Atlanta. A volte uno scroscio improvviso dà refrigerio.

PERTURBAZIONI

Che cosa differenzia cicloni, uragani e tornado?

L'enorme onda causata dall'uragano Andrew (1992) entra in una casa della Florida.

Per ciclone si intende un violento movimento rotatorio di masse d'aria, combinato con uno spostamento, intorno a un centro di bassa pressione: il senso di rotazione è antiorario nell'emisfero nord e orario in quello sud, per effetto della rotazione terrestre. Il ciclone è provocato da un complesso di fenomeni atmosferici determinati dalle alte temperature equatoriali che, in alcune zone, creano centri di minima pressione verso i quali vengono attirate masse d'aria che formano i venti. Questi seguono un moto a spirale che determina un vortice. I cicloni si distinguono in tropicali ed extratropicali. I primi (ai quali spetta l'appellativo di cicloni), pur occupando un'area minore, sono più intensi dei secondi e di minore durata, e provocano venti di straordinaria violenza.

Cicloni dei Caraibi. Nel Pacifico settentrionale i cicloni vengono chiamati tifoni, mentre uragano è il nome di origine caraibica (*hurican*) usato per indicare i cicloni che si abbattono sulle Indie Occidentali (Caraibi e Antille) e i mari che le bagnano. I meteorologi hanno convenuto di chiamare "uragano" tutti i venti di eccezionale intensità: quelli di forza 12 o superiore nella scala di Beaufort (v. disegno sotto). Ma la velocità del vento negli uragani più violenti può superare anche i 200 km/h.

I peggiori sulla Terra. Poco in confronto ai tornado. Questo termine indica una violenta perturbazione atmosferica del tipo delle trombe d'aria delle nostre regioni. I tornado sono frequenti in Messico e negli Usa, a est delle Montagne Rocciose. Caratteristica dei tornado americani è, oltre all'estrema velocità del vento, la ristrettezza dell'area, di qualche decina o al massimo di qualche centinaio di metri quadrati. Proprio le loro dimensioni limitate li rendono così pericolosi, tanto da farne il fenomeno meteorologico più devastante cui si può assistere sul nostro pianeta: i venti raggiungono velocità anche di 500 km/h.

Che cos'è la scala Beaufort?

È un sistema di misurazione della forza del vento, un po' come la scala Richter serve per misurare l'intensità di un terremoto. Basata sull'osservazione degli effetti del vento sulle barche a vela e sulle onde, venne poi adattata per essere usata anche sulla terraferma. Nata nel 1806 e adottata internazionalmente nel 1926, è tuttora usata da alcune stazioni meteorologiche.

Gradini. È divisa in 13 "gradini", da Forza 0 "calma piatta" (cioè con il vento che spira a meno di un chilometro all'ora) fino a Forza 12 "uragano" (vento oltre i 104 km/h).

Ma 12 non bastavano. È stata messa a punto dall'ammiraglio inglese Francis Beaufort, che fu a capo del servizio idrografico della marina britannica. In seguito questa scala si è rivelata insufficiente a misurare i grandi uragani, per cui i gradi sono stati portati fino a 17: un vento Forza 13 ha una velocità fino a 148 km/h, uno Forza 14 fino a 166, Forza 15 fino a 183, Forza 16 fino a 201 e Forza 17 definisce venti che soffiano a oltre 201 km/h.

Forza 0 Calma piatta. Il fumo sale in verticale.

Forza 1 Bava di vento. Il fumo comincia a piegarsi.

Forza 2 Brezza leggera. Il fumo si piega decisamente.

Forza 3 Brezza tesa. Le bandiere sventolano.

Forza 4 Vento moderato. Alza foglie e carta da terra.

Forza 5 Vento fresco. Gli alberi giovani sono agitati.

Forza 6 Vento forte. Difficile usare l'ombrello.

Forza 7 Burrasca moderata. Si fatica a camminare.

Forza 8 Burrasca fresca. I rami si spezzano.

Forza 9 Burrasca forte. Primi danni alle case.

Forza 10 Burrasca fortissima. Danni alle case, alberi sradicati.

Forza 11 Fortunale. Gravi danni.

Forza 12 Uragano. Danni ingentissimi, vaste distruzioni.

Nebbia a Chicago (Usa): così bassa che i piani alti dei grattacieli ne restano fuori.

Perché la nebbia rende la visibilità così scarsa?

La nebbia non permette di vedere perché disperde i raggi luminosi. In condizioni normali, l'occhio percepisce l'immagine di un oggetto perché questo riflette una parte della luce che lo colpisce. La luce riflessa giunge all'occhio in modo da formare sulla retina un'immagine che corrisponde all'oggetto punto per punto. La nebbia è una sospensione di finissime goccioline d'acqua che diffondono la luce, cioè la deviano in tutte le direzioni. Con nebbia densa un raggio subisce molte deviazioni e l'occhio non riesce a ricostruire efficacemente l'immagine.

Visori a infrarossi. Non tutte le lunghezze d'onda subiscono però la stessa deviazione: i visori artificiali, per esempio, usano i raggi infrarossi, invisibili all'uomo, perché, con lunghezza d'onda tra 1 e 10 micron, subiscono una diffusione minore. A lunghezze d'onda ancora maggiori funzionano i radar di navi e aerei che consentono di "vedere" non solo di notte, ma anche in presenza di banchi di nebbia e nubi.

Da che cosa dipende il colore delle nuvole?

Se è colpita dalla luce, una nube è bianca. Ma se è molto spessa e il Sole vi si nasconde dietro, allora sembra grigia o nera.

Le goccioline d'acqua presenti nelle nubi, pur così minute da rimanere in sospensione nell'aria, sono sufficientemente grandi da comportarsi nei confronti della luce solare come tanti riflettori. Di conseguenza la luce non si separa nei suoi colori, ma mantiene la colorazione che aveva prima della diffusione: bianca durante il giorno, rossastra all'alba o al tramonto. E tale risulta la colorazione della nuvola.

Temporalesca. Tuttavia, quanto più la nube è densa, tanto più la sua base appare scura, perché minore è la luce che riesce ad attraversarla senza essere assorbita o diffusa dalle tante goccioline d'acqua. ❑

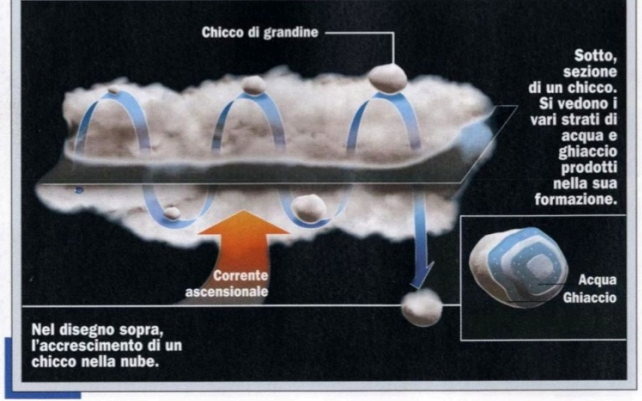
Sopra, levata del Sole sul parco nazionale di Torres del Paine, nella Patagonia cilena.

In che modo si forma la grandine?

Durante un temporale, l'aria si muove in rapide correnti ascensionali. Quando il vapore acqueo raggiunge gli strati superiori, più freddi, dell'atmosfera, si condensa nelle nubi temporalesche, che alimentano le precipitazioni. Se le goccioline d'acqua, cadendo, vengono riportate dalle correnti ascensionali negli strati superiori dell'atmosfera, dove la temperatura è molto inferiore allo zero, si trasformano in ghiaccio, ricadendo sotto forma di grandine.

Superchicchi. I chicchi di grandine, durante la loro caduta, possono però essere sospinti verso l'alto più volte prima di toccare il suolo. A ogni risalita, il chicco, parzialmente sciolto, torna a congelarsi e si arricchisce di un nuovo strato di ghiaccio, diventando sempre più grande, fino a raggiungere anche il peso di alcuni ettogrammi.

Proiettili dal cielo
Straordinaria grandinata a La Paz (Bolivia), il 19 febbraio 2002.



Sotto, sezione di un chicco. Si vedono i vari strati di acqua e ghiaccio prodotti nella sua formazione.

Nel disegno sopra, l'accrescimento di un chicco nella nube.

Se si scatena un terremoto nelle vicinanze di un vulcano, questo può favorire l'eruzione?

Sempre attivissimo
Il vulcano Popocatepetl, in Messico, dall'epoca della conquista spagnola a oggi ha eruttato circa 40 volte.

Terremoto in India.
Ma qui non sono attivi vulcani.

Il legame tra attività sismica e vulcanica è senza dubbio molto stretto. Un'eruzione vulcanica produce sempre una leggera attività sismica locale. Viceversa, una forte scossa tellurica che avvenga nei pressi di un vulcano, magari già un po' "sotto pressione", può accelerarne l'inizio dell'eruzione se danneggia o comunque rompe l'equilibrio tra la camera in cui si trova il magma e le rocce sovrastanti.

Acqua sul fuoco. Per esempio, molti esperti ritengono che la violenta eruzione del monte Pinatubo (Filippine) nel 1991 sia stata scatenata da un terremoto che ha fatto entrare acqua di mare nella camera magmatica, producendo una fortissima esplosione.

C'è chi è stato sfortunato
Nel XX secolo, le città degli Usa colpite da un tornado sono state solo Wichita Falls (Texas), Topeka (Kansas) e Worcester (Massachusetts).

È vero che i tornado non colpiscono le grandi città?

Per potersi formare, un tornado necessita di una vasta area libera dove i venti da cui ha origine possano assumere il caratteristico moto circolare. Ciò è impossibile nei pressi o in corrispondenza di una grande città, in cui le vaste zone edificate e i grattacieli ostacolano il processo, agendo da frangivento.

Immuni. Anche se nulla può impedire a un tornado formatosi in aperta campagna di investire una città, le statistiche americane citano solo 3 casi di città colpite nei loro quartieri centrali da questo fenomeno meteorologico nel XX secolo. E si trattava di centri urbani di medie dimensioni. Metropoli come New York o Chicago non sono mai state colpite da un tornado. ❑

Che cos'è il raggio blu?

Più che blu sono... divini
Benché questi raggi appaiano blu, non c'entrano con l'omonimo fenomeno atmosferico. Sono invece detti "divini", per analogia con le antiche raffigurazioni della luce di Dio.

A volte, poco prima di sparire sotto l'orizzonte, il sole manda un breve flash di colore verde. Raramente il flash è invece blu.

Si tratta di un fenomeno atmosferico estremamente raro. Si verifica quando la rifrazione della luce solare, causata dall'atmosfera terrestre, fa sì che al tramonto è come se vi fossero tanti dischi solari, lievemente spostati l'uno rispetto all'altro e, dal basso verso l'alto, di colore diverso: rosso, giallo, verde e blu.

Ai bordi. La maggior parte del disco solare appare bianco, perché i diversi colori si sovrappongono e si sommano. Ma sul bordo inferiore rimane scoperta una "fettina" rossa (quella che tramonta prima) mentre nella parte superiore rimane una piccola componente verde-blu. Normalmente appare la luce verde, ma se il cielo è particolarmente nitido la luce blu non viene "rimossa" (o diffusa, come si dice tecnicamente) e quindi si manifesta una sorta di flash blu della durata di qualche secondo, subito prima che l'ultimo lembo del disco solare scompaia sotto l'orizzonte.

E il raggio verde?

Il raggio verde è invece un fenomeno più diffuso, ma non comune, che si manifesta come un flash verdastro.

Deserto. È possibile osservarlo soprattutto a latitudini più basse delle nostre, dove il sole tramonta più a perpendicolo rispetto all'orizzonte, ma anche al mare e nei deserti, dove l'orizzonte è piatto. ❑

Effetto ottico. I raggi sono paralleli, ma da dietro le nubi assumono una forma a raggiera.

Perché a volte i raggi del Sole sembrano divergere?

Si tratta di un'illusione ottica. Anche i binari della ferrovia sembrano incontrarsi, anche se sono paralleli.

È un effetto ottico dovuto alla prospettiva. Anche guardando i binari di una ferrovia si ha l'impressione che le rotaie si incontrino in un punto non molto distante, anche se ciò in realtà non avviene. Bisogna però notare che i raggi di luce, a meno che non puntino direttamente verso gli occhi, non sono visibili; se li vediamo, è perché la luce è diffusa dalle particelle di polvere e vapore acqueo sospese nell'aria.

Distanza ininfluente. Su questo effetto non influisce la distanza della Terra dal Sole e neppure le stagioni: nei mesi estivi, sull'emisfero nord i raggi solari giungono meno obliquamente, ma sono pur sempre paralleli tra loro. ❑

Come si forma un arcobaleno "a rovescio"?

Un arcobaleno si forma quando i raggi del sole entrano nelle goccioline d'acqua presenti nell'atmosfera, subiscono una rifrazione, ed escono dalla goccia scomposti nei loro colori. A causa delle leggi dell'ottica, i raggi in uscita formano sempre un angolo di circa 42° rispetto ai raggi in entrata. L'arcobaleno è dunque l'insieme dei raggi che ci provengono riflessi con un'angolazione di 42° rispetto ai raggi del sole, il quale si trova necessariamente alle nostre spalle.

Tagliato. Un arcobaleno completo, quindi, avrebbe forma circolare, ma noi ne vediamo solo una parte perché il resto viene tagliato dall'orizzonte. Ma in aereo, o su una montagna, può capitare di vedere anche la parte inferiore dell'arcobaleno, e magari solo quella se la parte superiore è nascosta dalle nubi.

L'ombra di un aeroplano circondata da un arcobaleno.

DOMANDE MAL POSTE

Perché le nuvole non sono trasparenti, visto che sono fatte di acqua?

Le nuvole appaiono bianche perché diffondono la luce del sole. Quando il cielo è nuvoloso, la luce solare (che è bianca, perché frutto della sovrapposizione di tutti i colori dell'arcobaleno) prima di arrivare al nostro occhio passa attraverso le nuvole, composte da innumerevoli goccioline d'acqua delle dimensioni di qualche micron (millesimi di millimetro).

Diffusione. Poiché tali dimensioni sono maggiori della lunghezza d'onda della luce visibile (che è compresa tra 0,4 e 0,8 micron, a seconda del colore), ogni gocciolina diffonde allo stesso modo tutti i colori che compongono la luce solare. Al nostro occhio quindi arriva luce bianca.

Se l'acqua è più pesante dell'aria, come fanno le nuvole a rimanere in cielo?

In realtà le nubi sono oggetti in continua evoluzione. Le minuscole goccioline di cui sono composte, formate dalla condensazione del vapore acqueo caldo che sale nell'atmosfera, cadono continuamente sotto il proprio peso.

Rievaporazione. Ma vengono riportate in alto dalle correnti ascensionali, oppure rievaporano, mentre altre goccioline si formano in cima alla nuvola.

Fertilità e colore Suolo agricolo. Anche il colore della terra è importante: quella bruna trattiene meglio il calore solare.

Com'è fatta la terra?

La crosta terrestre è spessa circa 50 km, ma noi ne usiamo appena lo 0,01% per le fondamenta delle nostre case... e lo 0,0005% (poche decine di cm) per le coltivazioni.

Ben 6.370 chilometri separano i nostri piedi dal centro della Terra, ma anche le più potenti trivelle non si sono spinte oltre i primi 11 km di profondità. E solo l'ultima piccolissima parte, profonda da pochi centimetri a qualche decina di metri, riguarda la nostra vita di tutti i giorni: la sottilissima "buccia" che chiamiamo suolo.

Il "suolo" è profondo 2 metri

Secondo le definizioni attuali, con il termine "suolo" si indica ogni materiale capace di ospitare piante, fino a comprendere le rocce incoerenti (cioè non in blocco compatto), purché esplorabili dalle radici. Per convenzione, comunque, il suo spessore viene definito fino a una profondità massima di 2 metri.

Esistono infinite varietà di suolo: da quelli alpini coperti di conifere a quelli coltivati delle pianure, fino a quelli aridi e quasi privi di vegetazione delle zone desertiche. Proprio per questa estrema differenziazione, fino a poco tempo fa ciascuno tendeva a specializzarsi nella conoscenza di un tipo specifico di terreno. Solo alla fine dell'800, infatti, è nata la pedologia (dal greco *pedon*, suolo), la scienza che studia e cataloga i terreni fertili.

Le fratture dell'aridità. Terreno arido in Indonesia. I suoli "a grana grossa" (al contrario delle argille) perdono l'acqua più facilmente.

Argille non permeabili. Risaie nel vercellese. Il suolo argilloso (composto di particelle finissime) non lascia sfuggire l'acqua.

Erano i tempi dell'Impero russo, quando la produzione di cereali quasi miracolosa della steppa, grazie alla famosa terra nera che ricopre buona parte della superficie dell'ex Unione Sovietica, cominciò a ristagnare.

Nel contempo, i cereali coltivati dagli Stati Uniti superarono per quantità quelli dell'Impero russo, strappando alla steppa lo scettro di "granaio del mondo". Per questo motivo, e nel contempo per risolvere il problema della compravendita dei terreni (i venditori, per strappare un prezzo migliore, asserivano in ogni caso che si trattasse di terra nera), la Libera società di economia di San Pietroburgo istituì una commissione di esperti che incaricò Vassily Vassilievich Dokuchaev di effettuare ricerche scientifiche sui terreni.

I successivi due anni di viaggi nella steppa, i prelievi di campioni di terreno e la relazione redatta da Dokuchaev nel 1883, sono le pietre miliari della scienza del suolo.

La prima divisione: organici e minerali

Che cosa c'è, allora, nella terra? La prima distinzione si fa tra suoli organici e suoli minerali. I primi sono composti prevalentemente da sostanze di origine vegetale e animale (foglie e altri residui di piante, animali morti ed escrementi, ▶

Radici poco profonde
Campi coltivati. Le piante sfruttano solo poche decine di cm di terreno e anche i suoli più profondi non si estendono oltre i 200 cm.

Mappatura del terreno
Uno scienziato esamina lo stato del suolo della foresta di Targhee, parco nazionale dell'Idaho, Usa.

in vari gradi di decomposizione), come nel caso delle torbiere. I secondi, che sono la maggioranza, derivano invece dalle rocce e contengono al massimo il 10 per cento di sostanze organiche.

In generale, le componenti di un suolo sono quattro: quella solida, divisa in minerale e organica, quella liquida e quella gassosa. La principale componente minerale di un determinato terreno si chiama roccia madre, nel senso che deriva dallo sgretolamento di una roccia. Ma non sempre i figli assomigliano alla madre: se i cristalli di silicio della sabbia sono praticamente inalterati rispetto alla roccia da cui derivano, le argille sono invece così alterate da essere definite "minerali di neoformazione".

Responsabili di queste trasformazioni sono vari tipi di reazioni chimiche, favorite dalle condizioni climatiche e dall'acqua. Più un terreno è lontano dalla sua natura originaria, più si definisce "evoluto". Lo stesso vale per le sostanze organiche, con la differenza che quando la degradazione, dovuta soprattutto ai batteri, è tale da rendere irriconoscibili le materie di partenza, non si parla più di neoformazione ma di humus: quella sostanza di colore scuro, ricca di microrganismi e dall'odore caratteristico, che è alla base della fertilità del suolo.

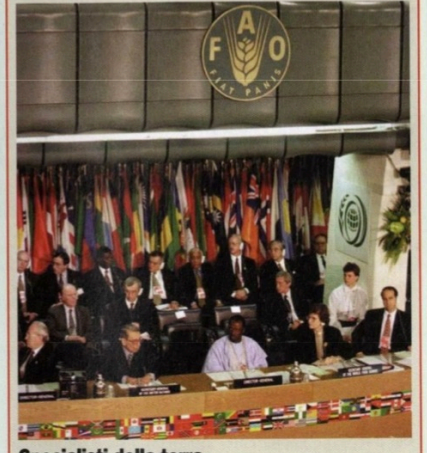
Ingredienti: acqua minerale, aria

La sabbia del deserto, i detriti di frane recenti, le sabbie marine o i materiali di alcune alluvioni fluviali possono essere totalmente privi di humus. Ciò li rende così privi di fertilità e coesione (i granuli

COM'È NATA LA SCIENZA DEI SUOLI?

Si chiama pedologia, ed è nata per migliorare le coltivazioni umane. Ecco le tappe principali.

- **Antico Egitto (5000 a. C.):** distinzione tra terre nere, più fertili, e terre rosse, meno fertili.
- **Cina (4000 a. C.):** l'ingegnere Yu classifica i suoli in base a colore e struttura.
- **1732:** Hermann Boerhave, medico olandese, definisce il "principio vegetativo" parlando di un "sugo primordiale" composto da vegetali e animali putrefatti e corpi fossili. È il primo concetto di humus.
- **1840:** il chimico tedesco Justus von Liebig, nell'opera *Chimica applicata all'agricoltura e alla fisiologia*, intuisce il ciclo della sostanza organica nel terreno e la sua importanza nella nutrizione delle piante.
- **1883:** la relazione di Vassily Vassilievich Dokuchaev, russo, getta le basi della pedologia.
- **1901:** l'americano Milton Whitney crea il primo organismo per lo studio del suolo, il Soil Survey.
- **1960:** il Dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti (Usda) predispone il sistema di classificazione chiamato Soil Taxonomy.
- **1974:** la Fao (Food and Agricolture Organization, delle Nazioni Unite) e l'Unesco studiano un nuovo sistema di classificazione per realizzare una carta mondiale dei suoli.
- **1994 e 1998:** la Fao pubblica il Wrbsr (World Reference Base for Soil Resources), il nuovo punto di unione tra i sistemi di classificazione mondiali.



Specialisti della terra
Una riunione della Fao, l'organismo delle Nazioni Unite che si occupa, tra l'altro, della classificazione dei suoli in varie tipologie.

Terra in scatola
Un contenitore usato per la raccolta di campioni di terreno, nei pressi di San Ramon, California.

sono slegati l'uno dall'altro) che a rigore non possono nemmeno essere considerati suolo. Dire in che percentuale le varie componenti siano distribuite nel terreno è praticamente impossibile, perché basta spostarsi di poche decine di metri per trovare terreni di composizione molto diversa. È uno dei motivi per cui due vigneti apparentemente uguali danno, alla fine, vini profondamente diversi. Tuttavia una cosa si può dire: una terra "media", per esempio un suolo forestale, contiene un 45% in volume di componente minerale, un 5% di componente organica, più acqua e aria, ciascuna in misura variabile dal 20 al 30%.

Per studiarlo si usa la carota

Lo studio dei terreni avviene per lo più in due modi. Si può scavare un suolo in modo da metterne a nudo una sezione verticale ed evidenziarne il "profilo", che può essere sottile pochi centimetri o profondo anche alcuni metri. Oppure adottare il metodo delle "carote": con una speciale trivella si preleva un cilindro di terreno in modo da poterne vedere i vari strati.

Una prima classificazione (dopo la suddivisione in suoli "organici" e "minerali") viene fatta in base alla granulometria, cioè alla presenza in esso di particelle più o meno fini. L'esame si fa così: prima di tutto si elimina la sostanza organica usando acqua ossigenata, poi si toglie l'acqua, seccando il terriccio in forno, infine si tolgono le particelle più grosse usando setacci di varia misura. Via via che si scende in dimensione si trovano la sabbia, ancora visibile a occhio nudo, il limo e infine l'argilla: così fine che per vederne i singoli "grani" occorre il microscopio elettronico. Ma al di sotto del valore di 0,05 millimetri i setacci non bastano più. Per l'analisi granulometrica, limo e argilla vengono quindi sciolti in acqua e lasciati depositare: le particelle più grosse si depositano prima, mentre le argille più fini per ultime.

Quali sono i terreni più adatti a sostenere grossi edifici?

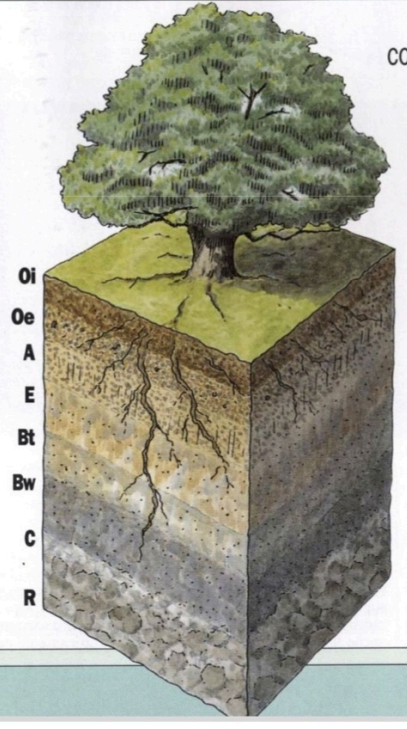
Terra uguale agricoltura, giusto? Il suolo, però, è importante anche per un'altra attività umana: l'edilizia. Non tutti i terreni sono in grado di ospitare opere edili imponenti. Particolari problemi, per esempio, sono dati dai suoli contenenti "argille attive", che si muovono in continuazione. Sono molto fertili (garantiscono, per esempio, grandi produzioni cerealicole in Sicilia), ma alle imprese di costruzione richiedono opere di drenaggio, con pali e pilastri profondi, che garantiscano lo smaltimento dell'acqua in eccesso e un adeguato sostegno. Per le strade, i suoli preferiti sono quelli con un'alta componente sabbiosa e ghiaiosa: sopportano bene la compressione e non cedono sotto il peso dell'asfalto. I suoli torbosi hanno al contrario bassa "portanza": una casa vi sprofonderebbe. Un ingegnere edile deve quindi essere anche un esperto di pedologia, se vuole che le sue opere durino nel tempo. Infine il suolo può essere usato come combustibile (le torbiere fornivano il cosiddetto "carbone dei poveri"). In Africa i suoli ferruginosi induriti vengono tagliati per farne mattoni e anche da noi sono utilizzati per farne laterizi in fornaci.

Un cantiere edile. La profondità delle fondamenta dipende dal suolo.

Permeabile, asfittico e "franco"

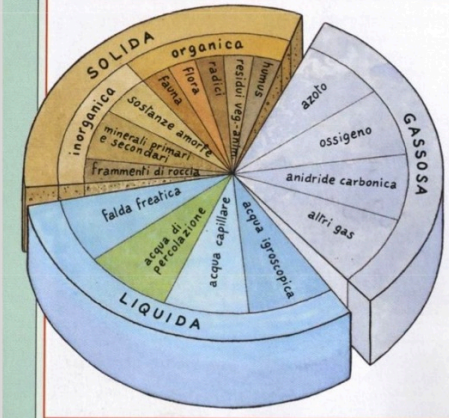
I terreni con elevata quantità di ghiaia e ciottoli sono molto permeabili all'acqua e quindi richiedono frequenti irrigazioni oppure colture che hanno bisogno di poca acqua (questo è il motivo per cui i terreni sabbiosi sono poco fertili). I suoli con troppa argilla, viceversa, favoriscono il ristagno idrico (si dice che sono asfittici: sono i suoli ideali per le risaie) e sono difficili da lavorare perché ostacolano

Di quali strati è composto il suolo?



Ogni suolo è composto da vari strati detti "orizzonti": ecco la classificazione standard, secondo la presenza relativa di minerali e residui organici.
Oi - Sostanza organica in forma riconoscibile.
Oe - Sostanza organica non riconoscibile.
A - Sostanza organica mista a minerali.
E - Più minerale che organico.
Bt - Minerale con argilla depositata.
Bw - Minerale con argilla derivata dalla roccia.
C - Esclusivamente minerale, proveniente da roccia alterata: le radici possono arrivare fin qui.
R - Roccia inalterata.

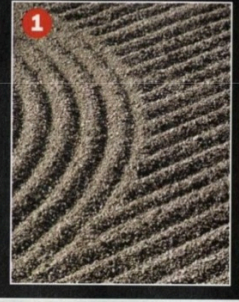
DI CHE COSA È FATTO IL TERRENO?

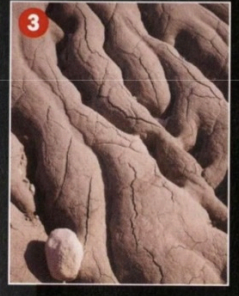


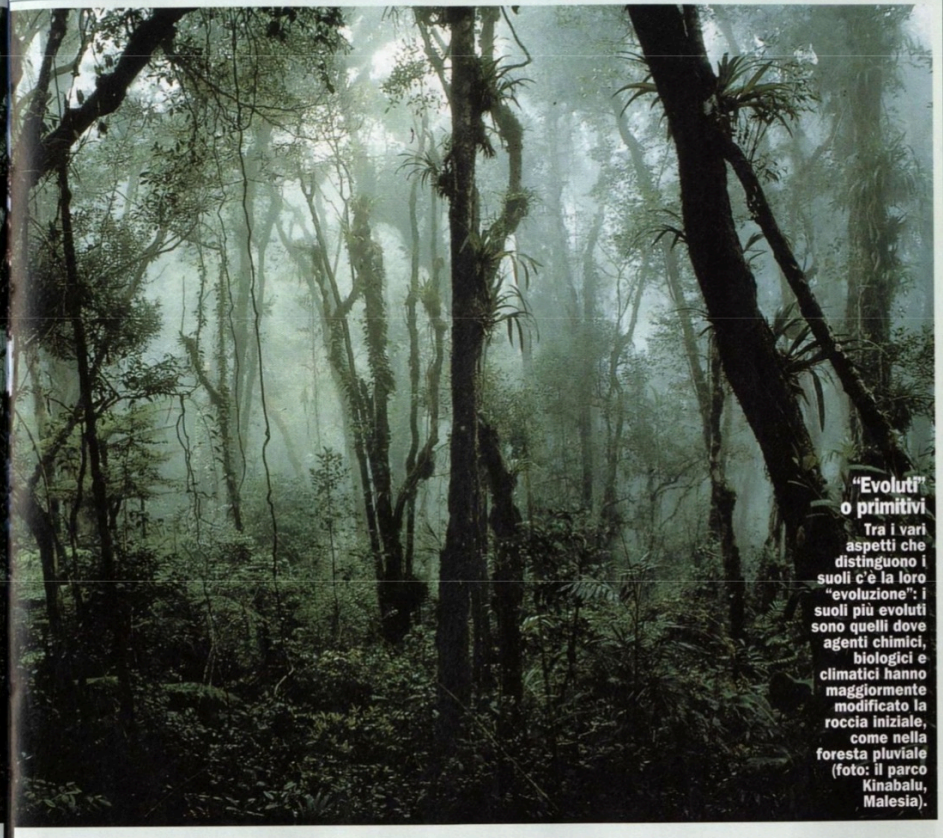
Nel disegno, le componenti del terriccio sono suddivise nelle principali categorie senza tener conto delle percentuali relative, perché ci sono grandi variazioni nei vari tipi di terreno. **Aria sepolta.** I gas, per esempio, costituiscono circa un quarto del volume (nella "terra" di un bosco): oltre all'aria (azoto, ossigeno ecc.) ci sono gas dovuti a processi di decomposizione. Il liquido è quasi soltanto acqua, mentre la parte solida (il 50% del totale) è dovuta in primo luogo a minerali frantumati.

Particelle di suolo

Una prima classificazione del terreno si fa sulla base della grossezza dei granelli: dalla ghiaia (1) alla sabbia (2), fino alla finissima argilla (3).







"Evoluti" o primitivi

Tra i vari aspetti che distinguono i suoli c'è la loro "evoluzione": i suoli più evoluti sono quelli dove agenti chimici, biologici e climatici hanno maggiormente modificato la roccia iniziale, come nella foresta pluviale (foto: il parco Kinabalu, Malesia).

la penetrazione dell'aratro, anche se possono essere fertili. L'ideale è una via di mezzo: il terreno che gli agricoltori chiamano "di medio impasto", e i pedologi definiscono "franco".

Oltre che essere sottoposto a queste analisi, che sono tipiche della pedologia, il suolo viene esaminato anche dal punto di vista chimico.

È il chimico a valutare, per esempio, il pH del terreno, cioè il suo grado di acidità, nonché la presenza di elementi importanti per la fertilità: azoto, fosforo e potassio (detti macroelementi, perché sono quelli principali per la nutrizione delle piante), ma anche ferro, alluminio, rame e altri, a loro volta utili ai vegetali.

A ogni Paese il suo metodo

Visti i parametri in gioco, classificare un suolo è un esercizio molto complesso. Le scuole di pensiero sono moltissime e praticamente ogni Paese del mondo ha un suo metodo di classificazione. Le principali caratteristiche su cui si basano le più importanti classificazioni sono: il numero di strati (o "orizzonti"), il colore, la profondità, le quantità e la qualità delle componenti organiche e minerali, il clima locale e via dicendo. Sulla base di questi fattori, ogni metodo di catalogazione prevede un certo numero di classi principali di suoli, che vengono a loro volta suddivise in più sottoclassi. I sistemi più usati a livello internazionale sono la Soil Taxonomy Usda, classificazione statunitense del Soil survey staff, e il sistema Fao-Unesco, sviluppato dalla Food and Agricolture Organization delle Nazioni Unite. Entrambi studiano il profilo dei suoli partendo dagli "orizzonti diagnostici": ovvero i vari strati omogenei che si succedono in una sezione verticale di suolo (profilo). Oggi si sta comunque affermando una nuova classificazione della Fao, il Wrbsr (World Reference Base for Soil Resources), presentata nel 1994: di impostazione più naturalistica che agronomica, è nata con l'obiettivo di riunificare i vari sistemi mondiali.

Tanto per rendersi conto della complessità del problema, basti pensare che ancora nel 1988 la comunità scientifica internazionale si era accordata per suddividere i suoli in 28 categorie principali e 153 sottocategorie, e oggi le categorie maggiori sono già salite a 30. Tra i nuovi arrivi i "cryosol": terreni sottoposti a periodi alternati di gelo e disgelo, formati da uno strato di permafrost spesso almeno 1 metro, o i "durisol" tipici degli ambienti semi-aridi. ❑

Qual è stata la più grande eruzione di tutti i tempi?

Spettacolare ma "innocuo"
Nell'estate del 2001 l'Etna si "esibì" in una eruzione di tipo esplosivo (nella foto). L'evento più distruttivo fu però quello del 1669: la lava arrivò a Catania.

Il grado di violenza di un'eruzione viene misurato dall'Indice di esplosività vulcanica (Vei), che può andare da 0 a 8. Il Vei si basa su una serie di fenomeni osservabili nel corso dell'eruzione (altezza della nube vulcanica, volume dei materiali espulsi ecc.), combinati in maniera tale da fornire un unico parametro con cui confrontare tra loro eventi diversi.

Negli ultimi 10 mila anni nessuna eruzione ha raggiunto il valore massimo, mentre quattro hanno raggiunto il valore 7: Crater Lake (Oregon, 4895 a. C.), Kikai (Giappone, 4350 a. C.), Baitoushan (Cina, 1050 circa), Tambora (Indonesia, 1815).

Big One. Per la prossima grande eruzione, gli occhi sono puntati su uno dei più grandi complessi vulcanici del mondo, quello che sta sotto la zona del parco di Yellowstone (Usa). La maggior parte del parco è all'interno di una enorme caldera (cioè un grande cratere che si è formato dalla violenta esplosione di un vulcano che è poi collassato in una depressione) di 600 mila anni fa. La camera magmatica sotto la caldera contiene ancora magma che alimenta le sorgenti calde e i geyser del parco. La caldera si è formata sopra un pennacchio di magma che è risalito attraverso il mantello. Secondo il sistema geologico degli Usa, che tiene sotto controllo la situazione, è probabile che prima o poi un'eruzione avvenga, ma i tempi sono sicuramente molto lunghi, e quindi per i prossimi decenni non ci sono preoccupazioni.

Altre zone sotto controllo sono il monte St. Helens, un vulcano nello Stato di Washington (Usa) che già esplose nel 1980 e il vulcano Cumbre Vieja, nelle Canarie. ❑

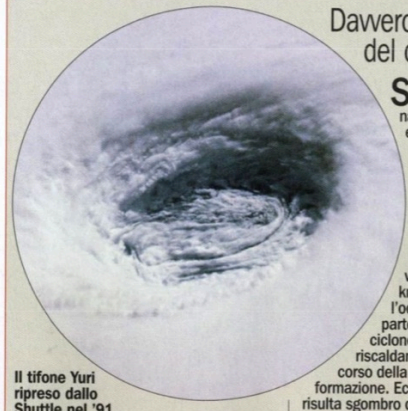
È vero che l'Everest non è il punto più alto della Terra?

Sul tetto del mondo? Campo base alle pendici dell'Everest. La quota della vetta fu accertata dagli indiani nel 1954, e poi verificata nel 1975 e nel 2000.

Sì, se si intende con "punto più alto" quello a maggiore distanza dal centro del pianeta. L'Everest è alto 8.850 m sul livello del mare, ma alla latitudine cui si trova (47° nord, in Nepal), il raggio della Terra è circa 4.700 metri più corto che all'equatore, a causa della forma schiacciata del nostro pianeta. Secondo questo calcolo, la palma per il punto più alto della Terra spetterebbe allora alla cima del monte Chimborazo, in Ecuador, che si eleva "solo" per 6.267 m sul livello del mare ma che, sfruttando il maggior raggio terrestre alla sua latitudine (1° sud), si allontana dal centro della Terra di circa 2.100 metri più dell'Everest.

Niente fulmini. Una curiosità: sulla vetta dell'Everest non cadono i fulmini. Lo ha rivelato la prima mappa planetaria dell'attività dei fulmini realizzata dalla Nasa per prevenire fenomeni meteorologici estremi. Come si spiega questo fenomeno? Il verificarsi di fulmini dipende principalmente dalla presenza di acqua liquida all'interno delle nubi e di correnti ascensionali elevate. Due condizioni che non si verificano sul tetto del mondo, sia per assenza di acqua nelle nubi, sia per la bassa temperatura al suolo, che ostacola la formazione di correnti d'aria. ❑

Davvero nell'occhio del ciclone c'è calma?



Il tifone Yuri ripreso dallo Shuttle nel '91.

Sì. I cicloni tropicali sono violente tempeste che nascono sugli oceani per effetto del calore superficiale dell'acqua e della differenza di pressione tra il livello del mare e le alte quote, e si spostano poi verso terra. Il loro diametro varia da 300 a 1.500 km e sono accompagnati da piogge torrenziali e venti molto forti (150-200 km/h). La zona centrale, l'occhio, è larga 15-30 km: qui, parte dell'aria risucchiata dal ciclone ricade verso il basso e, riscaldandosi per compressione nel corso della discesa, dissolve le nubi in formazione. Ecco perché l'occhio del ciclone risulta sgombro da nubi e caratterizzato da venti poco intensi (in media, 10-20 km/h).

Qual è stato il tifone più violento che sia mai stato registrato?

La violenza di un tifone (da un termine cinese che vuol dire "grande vento") è quantificata dai meteorologi in base alla pressione atmosferica al suo interno. Minore è la pressione, maggiore è la forza del tifone.

Bassissima. Il super tifone tropicale Tip, che si è abbattuto il 12 ottobre 1979 sull'oceano Pacifico nord-occidentale, detiene tuttora il record di bassa pressione: 870 millibar (la pressione a livello del mare, in normali condizioni, è di 1.013 millibar), con venti a 250 km/h.

Esiste davvero la "quiete prima della tempesta"?

Nella maggior parte dei casi sì. I tornado si verificano a causa dello scontro di una massa di aria calda e umida a bassa quota con quella più fredda e secca soprastante, che va a incunearsi sotto quella calda. Si scatenano così venti che hanno componenti verticali (correnti ascensionali) fino a 300 chilometri all'ora e che possono sollevare persone, automobili e anche, nei casi più gravi, intere case.

Calma. Le osservazioni e le simulazioni effettuate al computer mostrano però che sul fronte anteriore delle correnti ascensionali i venti al suolo, già a breve distanza dal tornado, tendono a dissiparsi. La loro velocità non scende a zero, ma è comunque molto minore di quella al passaggio del fronte freddo. E questo dà la sensazione della "quiete".

STRUTTURE GEOLOGICHE

Che cosa sono le foibe?

Sono voragini rocciose a forma di imbuto rovesciato formate dalla fusione di più doline, tipiche delle zone carsiche (Venezia Giulia e Istria in particolare). Sono dovute alla millenaria erosione delle rocce calcaree da parte dell'acqua. Un recente studio ne ha classificate - nella sola penisola istriana - più di 1.700, alcune delle quali, estremamente tortuose, sfiorano i 250 m di profondità.

Fosse comuni. Il termine foiba, ottocentesco, deriva dal latino *fovea* (fossa) e in origine era una locuzione dialettale. Subito dopo la fine della II guerra mondiale, e soprattutto nei giorni dell'occupazione jugoslava di Trieste (maggio-giugno '45), le foibe vennero usate dai partigiani del maresciallo Tito come fosse comuni per nascondere i cadaveri delle migliaia di persone giustiziate per essersi opposte al movimento comunista.

Che cosa sono i deserti di sale?

Milioni di anni fa, alcune "pozze" di oceano rimasero imprigionate tra le terre. Col tempo l'acqua evaporò.

Oggi il deserto di sale più grande al mondo è il Salar de Uyuni (Bolivia) che si estende per circa 10 mila km². Ma 5 milioni di anni fa era l'intero Mediterraneo a essere un grande deserto di sale, con alcuni laghi sparsi qua e là. Entrambi (come gli altri deserti di sale che si trovano sulla Terra) sono il risultato dell'evaporazione di un bacino d'acqua, che nel caso del Mediterraneo lasciò dietro di sé un deposito di sale di quasi mille metri di spessore!

Sconvolgimenti. La completa evaporazione avviene in seguito al mutare delle condizioni ambientali o geologiche. Nel caso del Mediterraneo, per esempio, la spinta dell'Africa contro l'Europa chiuse per circa un milione di anni lo stretto di Gibilterra. Poiché l'apporto dei fiumi era inferiore all'evaporazione, la salinità del mare iniziò a crescere finché la concentrazione fu così elevata che sul fondo iniziarono a depositarsi i vari sali: carbonato di calcio (calcare), solfato di calcio (gesso), cloruro di sodio (sale da cucina), solfato e cloruro di magnesio, bromuro di sodio, cloruro di potassio. ❑

Uno scenario quasi lunare

Depositi di calcare (cioè carbonato di calcio) nel Deserto bianco, una porzione del deserto libico che si spinge fino all'Egitto.

Quanto "dura" in media una catena montuosa?

Giovani e alte
Un ponte sospeso sul fiume Hunza, nella catena del Karakoram (Himalaia occidentale). La formazione di queste montagne è iniziata circa 20 milioni di anni fa.

I primi monti sono di 4 miliardi di anni fa: oggi non ne resta più nulla. Di quelli "vecchi" 600 milioni di anni rimane qualche roccia.

La durata della vita di una montagna dipende da quale tipo di processo ha portato alla sua formazione e dalla capacità di erosione degli agenti atmosferici. In generale, le catene montuose nascono dallo scontro tra le zolle terrestri: processi che richiedono da qualche decina a qualche centinaio di milioni di anni. Ma, mentre una catena montuosa si innalza, viene già aggredita dagli agenti atmosferici, che la erodono.

Le rughe della Terra. Le prime catene montuose si formarono quando le prime zolle si scontrarono tra loro, circa 4 miliardi di anni fa. Di esse, tuttavia, non rimane alcuna traccia visibile. Risale invece a circa 600 milioni di anni fa il primo episodio di scontro tra zolle di una certa importanza, di cui rimane testimonianza in alcune rocce africane; ma anche queste montagne non sono giunte fino a noi. Tra le catene più antiche ancora visibili ci sono quelle formate nel cosiddetto "corrugamento caledoniano" in Scozia del nord (la Caledonia), Galles, Inghilterra centrale, Irlanda del Nord e tra Norvegia e Svezia (le Alpi scandinave). Hanno oltre 250 milioni di anni. ❑

Esistono piante albine?

Sì. Alcuni vegetali, infatti, non hanno bisogno della clorofilla per sopravvivere. Ed è proprio la clorofilla a dare il colore verde. Sono albine molte piante parassite e saprofite, che si nutrono a spese di altri organismi, oppure di sostanze organiche in decomposizione.
Fra queste, l'orchidea fantasma (*Cephalanthera austiniae*), che vive tra la regione canadese della Columbia britannica e la California. Non ha foglie e trae nutrimento dalla decomposizione del materiale organico nelle lettiere dei boschi.
Vita breve. Il secondo caso è quello di piante che, per un difetto genetico, non hanno i cloroplasti (i corpuscoli della cellula che contengono la clorofilla). Le loro foglie quindi sono bianche. Queste piante sono destinate a vivere ben poco, perché non possono nutrirsi. In alcuni casi però solo una parte delle foglie è bianca; e quelle verdi bastano a nutrire tutta la pianta.

Un'orchidea fantasma, pianta senza clorofilla.

Vette in movimento
La sommità Mount Cook, una cima della Nuova Zelanda. Fa parte delle Southern Alps, generate, e spinte verso l'alto, dalla placca australiana.

Le montagne crescono?

Lo spostamento delle placche continentali fa crescere l'altitudine dei massicci montuosi sia in altezza sia in larghezza. L'erosione, invece, lavora in direzione contraria. Ma si tratta di variazioni misurabili nell'arco di millenni.

Sì, crescono sia in altezza sia in larghezza, a causa dello spostamento e della collisione delle placche continentali. È però difficile dire quanto crescano: negli ultimi dieci anni, il monitoraggio dello sviluppo verticale del monte Everest, registrato dal laboratorio Piramide vicino al campo base, non ha dato alcun risultato apprezzabile.

Movimento ed erosione. Questo perché, a causa del movimento della placca continentale indiana sotto quella asiatica, le montagne dell'Himalaya aumentano di quota, ma l'erosione degli agenti atmosferici ne contrasta la crescita. Nel 1992 un team di esperti misurò l'altezza dell'Everest in 8.846 metri. Dopo qualche anno altri stabilirono che era più alto: 8.850 m. Lo scarto però non era dovuto alla crescita, bensì a una diversa procedura di misurazione: la seconda équipe, infatti, aveva calcolato anche lo spessore della neve.

Proprio per ovviare a questo tipo di errori, il Cnr (con il comitato Ev-K²-Cnr) ha recentemente lanciato una campagna di "rimisurazione" di alcune cime delle Alpi e dell'Himalaya, cercando anche di stabilire standard precisi. Per esempio il fatto che la neve, che varia di anno in anno, non va considerata nel calcolo. ❑

Che cosa sono i geyser?

Spettacolari "fontane" di vapore che eruttano periodicamente. Il loro meccanismo è simile a quello della pentola a pressione.

I geyser sono sorgenti termali sotterranee, che periodicamente emettono un getto d'acqua molto calda e ricca di silice e vapore. Sono manifestazioni secondarie del vulcanismo, tipiche di zone dove però l'attività eruttiva è esaurita ormai da tempo. Si tratta comunque di fenomeni piuttosto rari: basti pensare che in tutto il mondo se ne conoscono meno di mille.

Alta pressione. Il meccanismo che li alimenta è il seguente: l'acqua piovana penetra nel sottosuolo e viene riscaldata dalla vicinanza di bacini di magma (che hanno temperature intorno ai 1.500 °C). Come in una pentola a pressione, l'acqua si trasforma parzialmente in vapore. Quando il vapore raggiunge una pressione sufficiente, solleva la colonna d'acqua soprastante e la trascina con sé all'esterno. Il getto di un geyser può raggiungere i 100 metri di altezza e in genere dura qualche minuto. Dopo i quali il processo ricomincia. ❑

Fontane di vapore
Il Fly ranch geyser, nel Black rock desert (Nevada, Stati Uniti). L'attività del geyser ha determinato la comparsa di pozze di acqua calda e di variopinte formazioni di minerali vulcanici.

Qual è il fenomeno più violento verificatosi sulla Terra?

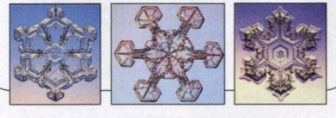
La prossima estinzione.

In epoca recente, il fenomeno più violento che sia stato misurato con certezza è stato il terremoto che ha scosso il Cile il 22 maggio 1960. Il sisma ha raggiunto il grado 9,5 della scala Richter e ha provocato circa 2 mila morti e 3 mila feriti.
In epoche remote vi sono stati probabilmente eventi ben più traumatici per il nostro pianeta. Per esempio la collisione con grandi asteroidi, come quello che 65 milioni di anni fa produsse un enorme cratere nell'odierno Yucatán e forse favorì l'estinzione dei dinosauri. E, ancora di più, la collisione con quello che, secondo le teorie più recenti, si scontrò con la Terra neonata (4,5 miliardi di anni fa) e ne "strappò" il materiale che poi formò la Luna. Si calcola che avesse un diametro di oltre 6 mila km, la metà di quello del nostro pianeta.

LUOGHI COMUNI

Davvero non esistono fiocchi di neve identici?

I fiocchi di neve (o, più correttamente, cristalli di neve) sono cristalli di acqua, in genere aghiformi o con complesse strutture esagonali a stella (v. sotto). Benché in genere siano diversi l'uno dall'altro, ricadono però in 7-8 categorie principali. Se la temperatura è molto bassa, i cristalli che si formano sono piccoli; quando invece è più alta, molti cristalli possono fondersi tra loro creando grandi fiocchi.
Colpo di scena. Nel 1988, una meteorologa del Centro per le ricerche atmosferiche americano, Nancy Knight, ha identificato per la prima volta due cristalli identici, raccolti nelle nubi a 6 mila metri di altezza nel cielo del Wisconsin (Usa). Si trattava di due "gemelli siamesi", che probabilmente erano cresciuti attaccati l'uno all'altro.



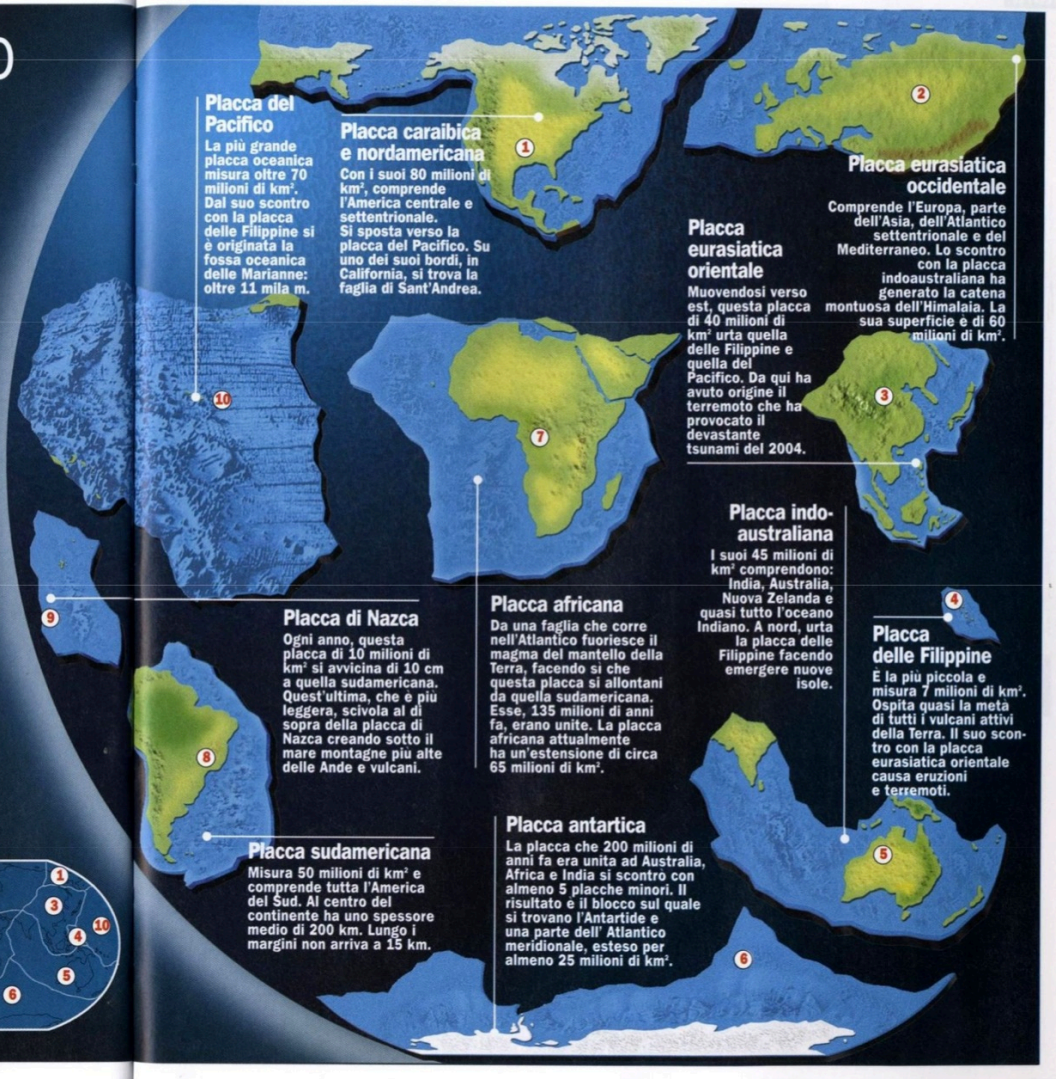
Che cosa sono le placche tettoniche?

Sono i giganteschi blocchi che compongono la crosta solida del pianeta, sui quali poggiano continenti e oceani. Le placche (o zolle) "galleggiano" sul magma del sottosuolo e sono in continua evoluzione: si muovono l'una rispetto all'altra, affondando o emergendo di alcuni millimetri all'anno e spostando con sé i continenti.

"Buccia" di Terra. La tettonica, cioè il modello che spiega come si spostano le placche, prende il nome dal greco *tektoniké*, "arte di costruire": le placche, infatti, danno forma alle terre emerse. I geologi preferiscono però parlare di "placche litosferiche", poiché esse si estendono su tutta la crosta esterna del pianeta, la litosfera. Questa è spessa circa 150 km; molto pochi, se si paragonano ai 6.371 km necessari per raggiungere il centro della Terra.

Scontri catastrofici. Durante la frizione tra le placche si accumula una grande quantità di energia, pari a quella di migliaia di bombe atomiche. Quando questa energia si libera si verificano i terremoti, in genere in corrispondenza dei margini (faglie) delle placche. Sui fondali oceanici gli urti possono dare origine a enormi vulcani sottomarini, quando cumuli di roccia liquefatta fuoriescono dalle fessure che si aprono tra le placche che si scontrano. ❑

La mappa a lato mostra le placche della crosta terrestre. I loro spostamenti e collisioni provocano terremoti ed eruzioni, fanno nascere nuove terre e innalzare montagne.



Placca del Pacifico
La più grande placca oceanica misura oltre 70 milioni di km². Dal suo scontro con la placca delle Filippine si è originata la fossa oceanica delle Marianne: oltre 11 mila m.

Placca caraibica e nordamericana
Con i suoi 80 milioni di km², comprende l'America centrale e settentrionale. Si sposta verso la placca del Pacifico. Su uno dei suoi bordi, in California, si trova la faglia di Sant'Andrea.

Placca eurasiatica occidentale
Comprende l'Europa, parte dell'Asia, dell'Atlantico settentrionale e del Mediterraneo. Lo scontro con la placca indoaustraliana ha generato la catena montuosa dell'Himalaia. La sua superficie è di 60 milioni di km².

Placca eurasiatica orientale
Muovendosi verso est, questa placca di 40 milioni di km² urta quella delle Filippine e quella del Pacifico. Da qui ha avuto origine il terremoto che ha provocato il devastante tsunami del 2004.

Placca indo-australiana
I suoi 45 milioni di km² comprendono: India, Australia, Nuova Zelanda e quasi tutto l'oceano Indiano. A nord, urta la placca delle Filippine facendo emergere nuove isole.

Placca delle Filippine
È la più piccola e misura 7 milioni di km². Ospita quasi la metà di tutti i vulcani attivi della Terra. Il suo scontro con la placca eurasiatica orientale causa eruzioni e terremoti.

Placca africana
Da una faglia che corre nell'Atlantico fuoriesce il magma del mantello della Terra, facendo sì che questa placca si allontani da quella sudamericana. Esse, 135 milioni di anni fa, erano unite. La placca africana attualmente ha un'estensione di circa 65 milioni di km².

Placca di Nazca
Ogni anno, questa placca di 10 milioni di km² si avvicina di 10 cm a quella sudamericana. Quest'ultima, che è più leggera, scivola al di sopra della placca di Nazca creando sotto il mare montagne più alte delle Ande e vulcani.

Placca sudamericana
Misura 50 milioni di km² e comprende tutta l'America del Sud. Al centro del continente ha uno spessore medio di 200 km. Lungo i margini non arriva a 15 km.

Placca antartica
La placca che 200 milioni di anni fa era unita ad Australia, Africa e India si scontrò con almeno 5 placche minori. Il risultato è il blocco sul quale si trovano l'Antartide e una parte dell' Atlantico meridionale, esteso per almeno 25 milioni di km².

Perché nel deserto non piove?

Tuoni sulle dune
Nuvoloni neri sulle dune del deserto namibiano: raramente, però, si trasformano in pioggia.

Un terzo delle terre emerse è coperto da deserti, caldi o freddi. I più estesi sono in Africa, Australia e tra Cina e Mongolia.

La colpa è quasi sempre di un anticiclone: aria secca e calda che staziona sopra le zone aride. L'anticiclone in genere rimane intrappolato sopra i deserti tra due cellule (circolazioni atmosferiche chiuse, ma che ruotano in senso opposto). In queste cellule l'aria umida tende ad alzarsi, si raffredda, perde di umidità e provoca piogge lungo i margini del deserto.

Nuvole distrutte. Questa stessa aria, ormai asciutta, raggiunti i 5 mila metri di quota si sposta verso il deserto e poi scende a terra riscaldandosi. Nella discesa distrugge le scarse nuvole che a volte si formano negli strati sovrastanti il deserto per l'evaporazione dell'acqua dalla poca vegetazione esistente. ❑

Perché le dune si muovono?

Nei deserti spesso soffiano venti violenti anche al livello del suolo, perché manca la vegetazione che li trattiene. Questi venti sollevano e spostano la sabbia, motivo per cui le dune si muovono.

Ferro di cavallo. Per quanto riguarda la loro forma particolare, è dovuta al fatto che la parte esterna della duna, più bassa, si muove più rapidamente e viene curvata dal vento che le fa prendere così la forma a ferro di cavallo.

Un gigantesco mappamondo luminoso e colorato all'interno di un museo scientifico a Boston, negli Usa.

Per quale motivo molte terre emerse hanno una forma appuntita, con la punta in direzione sud?

Stando alla "teoria dello sgocciolamento continentale", di tale Ormonde de Kay Jr., le masse terrestri una volta erano raccolte nell'emisfero settentrionale e, in seguito, hanno cominciato a "sgocciolare" verso sud. Fortunatamente, dice de Kay, i continenti sono saldamente attaccati alla Terra, altrimenti scivolerebbero nello spazio!

Casualità. Si tratta, ovviamente, di una teoria senza alcun fondamento scientifico. Nella realtà, la forma attuale dei continenti è solo una tra le tante, completamente diverse, assunte nel corso dei miliardi di anni di storia geologica della Terra (vedere disegni a lato). Tra qualche centinaio di milioni d'anni, le forme e le posizioni dei continenti saranno cambiate ancora.

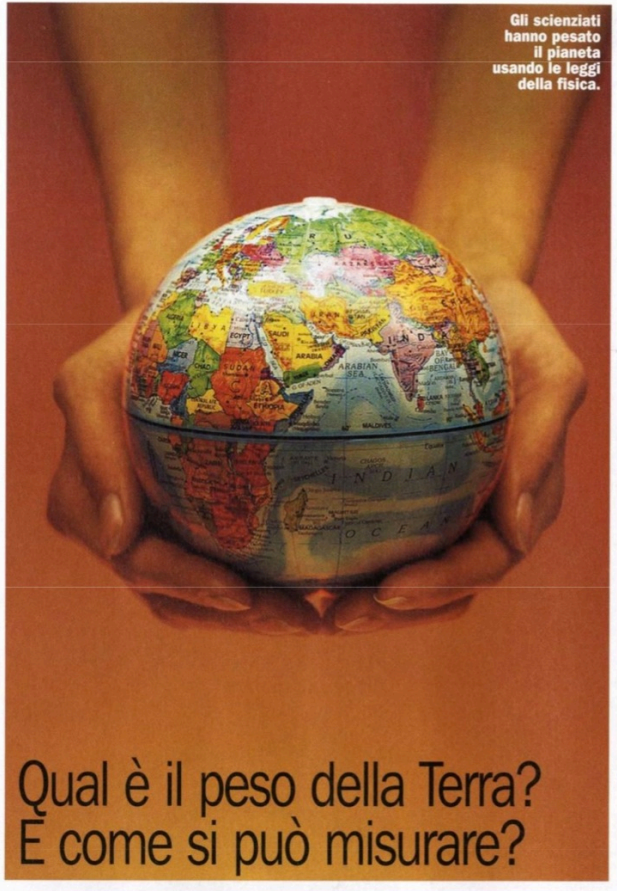
Quanto è "tutto l'oro del mondo"?

La quantità d'oro estratta annualmente nel mondo è relativamente modesta: nel 2000 circa 2.560 tonnellate, corrispondenti a un cubo di appena 5,1 metri di lato (ma del valore di circa 25 miliardi di euro!). Il World gold council stima che in totale l'oro prodotto negli ultimi 6 mila anni ammonti a circa 128 mila tonnellate: a contenerlo tutto basterebbe un deposito di 18,8 metri di lato.

Lingotti d'oro. La maggiore riserva del mondo è la New York federal reserve bank.

Produzione di oro nella storia

Civiltà sumera (3000 a. C.)	500 tonnellate
Civiltà egizia (2000 a. C.)	2.000 t
Impero romano (100 d. C.)	2.500 t
500-1400 d. C.	720 t
1400-1600	800 t
1600-1700	1.000 t
1700-1800	1.500 t
1800-1900	11.000 t
1900-1950	35.545 t
1950-2000	72.308 t



Gli scienziati hanno pesato il pianeta usando le leggi della fisica.

Qual è il peso della Terra? E come si può misurare?

Il nostro pianeta pesa esattamente $5{,}97223 \times 10^{24}$ kg. Ovvero, poco meno di 6 mila miliardi di miliardi di tonnellate. La precisione con cui è noto questo valore dipende dalla conoscenza precisa di una costante fondamentale della natura, quella di gravitazione universale, che si indica con la lettera "G". Essa è stata misurata nel 2000, con un'accuratezza mai raggiunta prima, da Jens Gundlach e Stephen Merkowitz, dell'Università di Washington (Stati Uniti).

Una volta nota G, si può risalire alla massa della Terra grazie a una semplice relazione: essa è uguale all'accelerazione di gravità alla superficie terrestre (circa 9,8 m/s^2) moltiplicata per il raggio della Terra al quadrato e divisa per G. ❑

Tsunami 2004, verità e leggende

Sul tragico tsunami del 26 dicembre 2004 sono state dette molte cose, alcune vere altre no. Ecco una rassegna:

Sumatra si è spostata?

Sì, di circa 10-20 m. Gli spostamenti sono stati però finora solo stimati sulla base di calcoli, non sono ancora stati misurati direttamente. Sumatra e le isole vicine si sono spostate tutte insieme con la placca che le contiene, come su una grande zattera.

L'Everest si è alzato?

Vero anche questo. Ma si tratta di un innalzamento di qualche centimetro. Più in generale, si pensa che il fondo del mare sopra la faglia si sia alzato di qualche metro.

La Terra sta vibrando?

Non più, ma lo ha fatto: ha vibrato come una campana. Sono state misurate oscillazioni per 4-5 giorni. La Terra è regolarmente deformata di circa 20 cm dalle forze di marea del Sole e della Luna, e le oscillazioni misurate il giorno del terremoto erano di intensità paragonabile.

Il pianeta ruota più velocemente?

Sì, anche se di poco: la Terra ha accelerato e il suo periodo di rotazione è ora più corto di 3 milionesimi di secondo. Il sisma ha causato uno spostamento di masse verso l'interno del pianeta (la placca che è sprofondata) e questo cambiamento è stato compensato da un lieve aumento della velocità angolare. È un po' come quando un pattinatore che ruota su se stesso avvicina le braccia al corpo e aumenta così la velocità di rotazione.

Quante materie prime sono rimaste sulla Terra?

Se potessimo mettere il nostro pianeta su una bilancia, l'ago segnerebbe un peso di circa 6 mila miliardi di miliardi di tonnellate.

Il problema dell'esaurimento delle materie prime si pone in particolare per quelle minerarie, perché generalmente non sono rinnovabili.

Ecco di quante disponiamo ancora:

Petrolio. Qualche decennio fa si pensava che non sarebbe bastato per arrivare alla fine del XX secolo, ma nuove scoperte hanno posticipato il suo esaurimento di almeno 40-50 anni.

Metano. Si stima che le riserve di questo gas naturale dureranno oltre 60 anni.

Metalli. Alcuni, come il mercurio, si esauriranno da qui a pochi anni, rendendo indispensabile il loro riciclaggio. Altri invece, come il piombo e lo zinco, hanno visto ridimensionata la loro importanza prima ancora di cominciare a scarseggiare.

I metalli sui quali si baserà la nostra tecnologia nei prossimi anni, come alluminio e titanio, sono assai diffusi sulla crosta continentale (l'alluminio ne costituisce, da solo, l'8 per cento).

Il ferro è presente in enormi giacimenti un po' ovunque, per cui non si prevede il suo esaurimento per diversi decenni.

Il rame, invece, proviene per il 60 per cento da giacimenti negli Stati Uniti.

Materiali argillosi. Sabbie e sali potassici non pongono problemi per il prossimo futuro. ❑

FIUMI NASCOSTI Che cosa c'è sotto la sabbia del deserto?

Il radar rivela antichi fiumi sotto il deserto libico.

In varie zone aride dove oggi l'acqua è inesistente, le onde radar proiettate dallo space shuttle hanno mostrato che sotto 3 metri di sabbia sono ancora riconoscibili tracce di vegetazione e letti di antichi fiumi, che lì scorrevano milioni di anni fa. Ricoperti dalla sabbia, poi, si trovano anche i resti di antiche città, come quella della regina di Saba, scoperta sotto il deserto dello Yemen.

Miniera di carbone

Una miniera a cielo aperto in Germania per l'estrazione di lignite, un carbone fossile.

Come sono nati gli oceani?

Sono l'unica parte della Terra ancora parzialmente inesplorata, ospitano gli animali più grandi, proteggono dall'effetto serra, producono oltre la metà dell'ossigeno, regolano il clima, contengono il 97% dell'acqua e il 90% dei vulcani... E danno al pianeta il suo caratteristico colore azzurro.

Sotto le nubi, tanta acqua!
Immagine da satellite ed elaborata al computer dell'oceano Pacifico: è stata realizzata unendo migliaia di scatti dei satelliti meteo Usa Tiros-N.

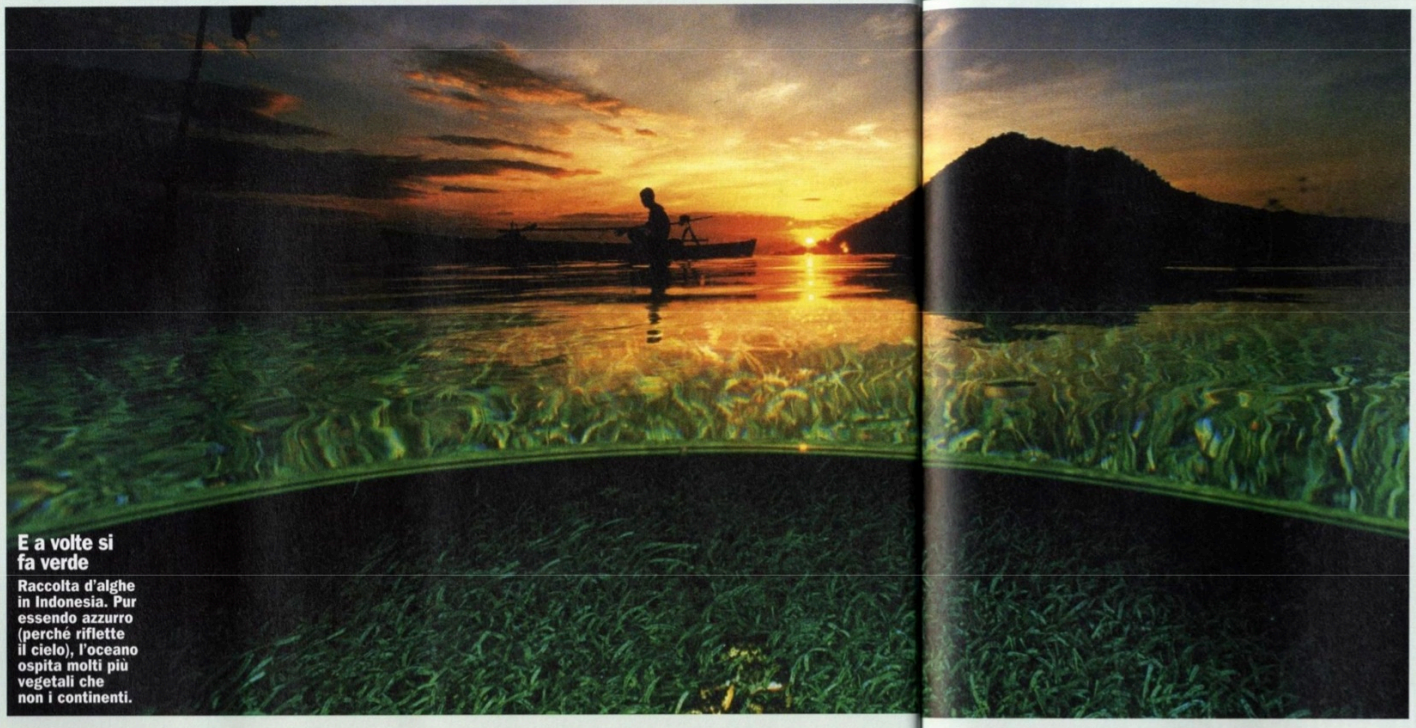
Noi chiamiamo il nostro pianeta "Terra", ma sarebbe più corretto chiamarlo Oceano: il 71 per cento della sua superficie è infatti coperto da un miliardo e 370 milioni di chilometri cubi di acqua (si tratta circa del 97 per cento di tutta l'acqua esistente sul pianeta). Un'immensa struttura che non ha confini, se non quelli imposti per convenzione da nomi come Atlantico, Indiano, Pacifico, Artico e Antartico.

L'acqua? Da asteroidi e comete

«È sempre la stessa acqua ad alimentare il continente oceano» spiega Ettore Grimaldi, idrobiologo e docente all'Università di Milano. «Solo una percentuale trascurabile di nuovo vapore acqueo entra in circolo con le attività dei vulcani. Evaporano dagli oceani 300 mila miliardi di tonnellate di acqua ogni anno. Due terzi di questa stessa acqua ricade in mare con le piogge. Un terzo precipita sui continenti, e alla fine torna agli oceani attraverso i fiumi». Ma da dove ha avuto origine quest'acqua? Come è nato il continente azzurro che 200 milioni di anni fa circondava un unico blocco di terre emerse, la Pangea?

Le ultime datazioni geologiche hanno portato a 3,9 miliardi di anni fa le prime tracce della presenza di acqua sulla Terra. Ma come è arrivata? Un'ipotesi è che sia stata portata dagli asteroidi e dalle co-

Termosifone nell'abisso
Una "fumarola nera". Queste sorgenti idrotermali sui fondali oceanici erano ignote fino a pochi anni fa. Favoriscono la presenza di vita.



E a volte si fa verde

Raccolta d'alghe in Indonesia. Pur essendo azzurro (perché riflette il cielo), l'oceano ospita molti più vegetali che non i continenti.

mete. All'Università dell'Arizona, l'astrofisico Christopher Chyba ha calcolato che se i corpi celesti che colpirono la Terra fossero stati soltanto per il 25 per cento pezzi di cometa avrebbero potuto fornire tutta l'acqua che oggi riempie gli oceani. Del resto anche gli asteroidi che si trovano fra Marte e Giove sarebbero fatti, per il 20 per cento, di acqua.

Una volta caduta sulla Terra, l'acqua è poi rimasta per effetto della gravità del pianeta e perché la distanza dal Sole era sufficiente a non farla evaporare immediatamente. Era inoltre disponibile un recipiente per contenere l'acqua: il dislivello esistente fra le masse continentali, più leggere perché formate da graniti, e le pianure oceaniche, costituite da materiali basaltici.

L'alleanza di oceano e vulcani

L'acqua degli oceani ha molte particolarità sorprendenti. Per esempio non ghiaccia. L'oceano non è mai congelato neanche miliardi di anni fa, quando il Sole era per il 30 per cento meno attivo. Come mai? Merito dell'alleanza dell'oceano con i vulcani: questi immettono nell'atmosfera anidride carbonica che produce un effetto serra naturale, trattiene cioè buona parte del calore solare che arriva alla superficie. Ma perché, allora, il calore in aumento non ha finito per far evaporare tutta l'acqua? Perché parte del carbonio nell'aria viene catturato dai silicati sbriciolati dall'erosione del mare, che lo legano e lo fanno precipitare (sotto forma di carbonato di calcio) sul fondo degli oceani. Dopo milioni di anni il carbonato di calcio ritorna nel mantello, per poi risbucare come anidride carbonica dalle bocche dei vulcani. E il ciclo si chiude.

Altra questione sulle origini: da dove viene il sale? Tutti i 175 mila miliardi di tonnellate di sale, secondo le stime, derivano dalle rocce del fondo, dalle esalazioni vulcaniche dell'atmosfera primordiale e dagli organismi decomposti in decine di milioni di anni. Grazie alle correnti, poi, la percentuale di cloruro di sodio (sale) disciolto, circa 35 grammi per litro, varia molto poco da zona a zona.

Il giro del mondo di una goccia

Seguendo le stesse correnti, una bottiglia potrebbe viaggiare da Cuba alla Gran Bretagna in un paio di mesi (portata dalla Corrente del Golfo alla velocità di 7-9 km/h). E una goccia d'acqua? «Evaporando può passare da un oceano all'altro in qualche giorno, e fare il giro del mondo in una settimana sfruttando le correnti d'alta quota» spiega Grimaldi.

Ma parlare di oceani al plurale è soltanto una convenzione. Tanto più che i continenti si spostano. La causa? Soprattutto la formazione di nuova crosta nella dorsale mediocеanica, dove il magma sale in superficie e si solidifica spingendo più in là le zolle crostali. Queste galleggiano come zattere sul mantello terrestre, portando con sé i continenti.

«Le masse continentali sono in parte sommerse: si estendono oltre la riva anche per 250 km» spiega Grimaldi «scendendo con pendenze del 2 per cento e arrivando fino a 200 metri di profondità».

Questo è anche il limite della zona eufotica, cioè la fascia in cui arriva abbastanza luce da far sopravvivere il fitoplancton. Qui la temperatura varia dai 5 ai 3 °C. Poi c'è la scarpata continentale con pendenza del 4 per cento e una profondità di 2,4 chilometri con la formazione di dossi e canyon e temperature che vanno da 2 a 0 °C.

Dai 500 metri in poi è buio. Ai piedi della scarpata c'è una brusca interruzione di pendenza che fa da collegamento alla pianura abissale, a 2,5 km sotto il livello del mare. Qui si trovano rilievi formati dal magma, come le dorsali mediocеaniche, con vulcani alti più di mille metri e burroni profondi fino a 10 mila metri, come la fossa delle Marianne. ❑

Le tappe dell'oceanografia

L'ultimo nato è Kaiko (1990), un batiscafo giapponese che scende fino a 6.500 m e sguinzaglia robot collegati via cavo. Ma la strada è stata lunga, prima di arrivare a Kaiko. Eccone le principali tappe.

- **1800-1810.** Monitoraggio e cartografia del Pacifico (François Peron; David Porter).
- **1839-43.** Si studiano il magnetismo e le temperature delle profondità (James Clark Ross).
- **1887-1905.** Studi delle migrazioni dei pesci (Alexander Agassiz).
- **1889.** Scoperta del plancton (Victor Hensen).
- **1959.** Primo sommergibile oceanografico (Jacques Cousteau).
- **1959.** Jacques Piccard scende con il primo batiscafo a 10.987 metri, nella fossa delle Filippine.
- **1964.** Nasce Alvin, il primo grande sommergibile da ricerca, che scoprirà le "fumarole nere".

Sopra: Flip, la "zattera" oceanografica che si ribalta per registrare meglio i suoni del mare.
A destra: l'oceanografo Jacques Cousteau.

Colossi antigravità
Una foresta di kelp (*Laminaria japonica*) sulle coste californiane. Si tratta di alghe che possono arrivare alla lunghezza di decine di metri. Molti organismi acquatici, meno oppressi dalla gravità, tendono al gigantismo.

Negli abissi si scolorano
La ricca varietà di flora e fauna a 40 metri di profondità lungo le coste della Tasmania, Australia. Solo sotto i 500 m scompaiono luce e colori.

Come si formano gli tsunami?

L'incontro tra aria e acqua ha a volte effetti catastrofici, come quando genera uragani o cicloni. Più spesso, però, serve a stabilizzare la temperatura, rendendo il pianeta più accogliente.

Con tutto il rispetto per l'Amazzonia e le foreste del Borneo, il continente azzurro ha un altro primato: le sue alghe producono ben più della metà di tutto l'ossigeno della Terra. Nonostante il suo colore, insomma, l'oceano è il vero "polmone verde" di Gaia (il nome che la Terra prende quando viene considerata un singolo organismo vivente). E funziona da circa 3 miliardi di anni, ovvero dalla comparsa dei primi cianobatteri, quei microrganismi acquatici che con la fotosintesi hanno cambiato la composizione dell'atmosfera liberando ossigeno. Il mare garantisce anche la cattura dell'anidride carbonica in eccesso. Il dato più recente dice che più di un terzo della CO_2 prodotta dall'uomo finisce nel mare, limitando il riscaldamento del pianeta. Due i meccanismi che contano: il carbonio viene raccolto dalle fredde acque polari, oppure da una "pompa biologica", cioè dal plancton che effettua la fotosintesi. La pompa funziona al meglio in aree come il Golfo di Biscaglia o al largo del Portogallo. Qui, infatti, la presenza dalla primavera all'autunno di acque fredde a 200 metri di profondità ricche di sostanze nutritive come azoto e fosforo, genera un aumento della produzione di fitoplancton. Che per metà viene mangiato dai pesci e per l'altra metà si deposita come biomassa sulla piattaforma continentale sommersa. Lo studio di questo fenomeno è in corso e coinvolge 48 istituti di dieci Paesi europei.

Il mare contribuisce per almeno il 50 per cento a un altro fenomeno del metabolismo di Gaia, quello del clima.

Tutto nasce dal gioco delle temperature: le acque dei tropici sono più calde di quelle settentrionali, perché l'inclinazione del pianeta rende più efficaci i raggi del sole che arrivano più direttamente. Il calore viene ceduto all'atmosfera dal mare, e le differenze di densità tra le masse d'aria calda e fredda creano correnti calde che si dirigono, in linea di massima, verso i poli (quelle fredde, a una quota più bassa, fanno invece il percorso inverso).

Le tempeste più forti? Ai tropici

La macchina climatica sarebbe dunque semplicissima, se non intervenisse la rotazione terrestre a scompaginare le correnti (aeree e oceaniche) che a volte si scontrano dando luogo alle perturbazioni. Per esempio sull'Atlantico, dove la calda Corrente del Golfo incontra l'aria fredda del nord.

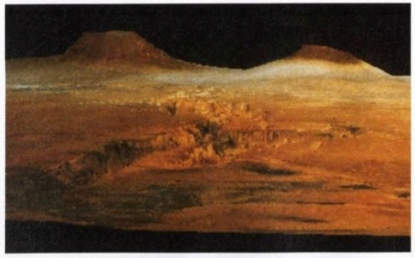
Alcuni devastanti fenomeni atmosferici, come i cicloni, nascono sempre sull'acqua: per la precisione quando una corrente fredda arriva in un'area di acqua con temperatura superiore ai 27 gradi, dando vita a un centro di bassa pressione. L'aria circostante si muove allora da tutte le direzioni verso il centro, raccogliendo umidità dall'oceano caldo. Mano a mano che l'aria calda converge, masse d'aria si spostano sempre più in alto intorno all'"occhio" della tempesta circolare, rilasciando pioggia e calore latente.

Se però la turbolenza, scuotendo la superficie dell'oceano, fa risalire acqua fredda, la tempesta si esaurisce prima di arrivare alla terraferma. Ecco perché i cicloni si formano ai tropici alla fine della stagione calda, quando lo spessore di acqua tiepida arriva almeno a 60 metri.

Gli tsunami, le onde anomale che travolgono di tanto in tanto le coste del Pacifico, hanno invece poco a che fare con le perturbazioni. Nascono di solito al centro del Pacifico, all'altezza della grande frattura sottomarina in cui si infila una delle zolle crostali. Lo tsunami ha inizio da una frana sottomarina innescata da un terremoto o da un'eruzione vulcanica, sotto forma di corrente che viaggia a centinaia ▶

IPOTESI LONTANE È possibile che gli oceani col tempo spariscano del tutto?

Può sparire il mare? Sì, secondo uno scienziato giapponese, anche se ci vorrà un miliardo di anni. L'ipotesi è confortata dal fatto che anche Marte presenta valli scolpite dall'acqua e pianure che ricordano fondali oceanici. **Acqua in trappola.** Ma il fisico Shigenori Maruyama, dell'Istituto di tecnologia di Tokyo, non si basa su parallelismi planetari. Sostiene invece che l'acqua sta sprofondando poco a poco all'interno del pianeta. Si sapeva già che molta acqua entra nel mantello, così come fa la stessa roccia, nelle "zone di subduzione", ma si riteneva che venisse restituita tutta dai vulcani e dalle dorsali calde sottomarine. Secondo Maruyama, invece, oltre l'80 per cento dell'acqua resta intrappolata in minerali come la lawsonite. Per colpa dei quali l'oceano perderebbe ogni anno circa un miliardo di tonnellate d'acqua. Il punto debole della teoria, replica Pascal Richet, dell'Istituto di geofisica di Parigi, è l'impossibilità di avere una conferma misurando quanta acqua è restituita dai vulcani.



La superficie, oggi asciutta, di Marte. Esistono vari indizi che in passato ospitasse un oceano.

Una riserva d'acqua solida
Spedizione di studio nell'oceano Antartico. I ghiacci polari contengono l'1,9% dell'acqua del pianeta, cento volte più di laghi e fiumi.

▶di chilometri all'ora lungo la pianura oceanica. Ma soltanto quando la corrente incontra la scarpata continentale si forma l'onda anomala, alta decine di metri, in grado di spazzare via interi centri abitati.

C'è un nastro trasportatore

Fenomeni come gli tsunami, i cicloni o le grandi tempeste oceaniche sono tuttavia secondari. La funzione dell'oceano, infatti, è soprattutto quella di limitare i grandi sbalzi di temperatura. Come? Assorbendo calore (l'acqua ha una capacità di assorbire calore doppia rispetto alla terra asciutta) e ridistribuendolo ovunque attraverso le correnti oceaniche.

La più importante tra le correnti oceaniche è il cosiddetto "nastro trasportatore", un colossale fiume subacqueo grande 20 volte più di tutti i fiumi terrestri messi assieme: si forma, caldo, al centro del Pacifico, poi prosegue aggirando l'Australia a nord e l'Africa a sud, risale l'Atlantico e infine si inabissa all'altezza della Groenlandia, ormai freddo e molto salato, pronto a ritornare al Pacifico, ma passando questa volta a sud dell'Australia. L'intero percorso richiede, si è calcolato, 500 anni.

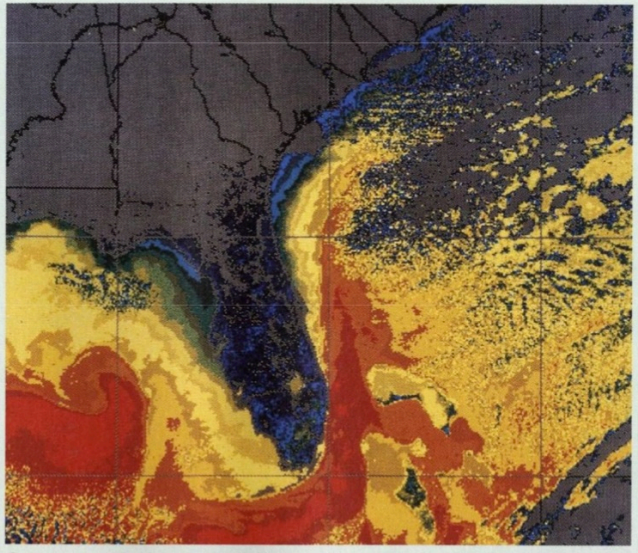
Questa corrente trasferisce dal Pacifico all'Atlantico 30 miliardi di kilowatt di energia. Contribuendo a rendere più mite la temperatura europea. L'importanza delle correnti oceaniche è così evidente che una decina di anni fa è stato varato il progetto internazionale Woce (World oceanic circulation experiment) per monitorare temperature e composizione delle correnti.

Si sono finora scoperte sensibili variazioni di temperatura rispetto a dati analoghi raccolti nella prima metà del secolo scorso: la corrente nord-atlantica subtropicale si è scaldata di un decimo di grado, e c'è stato un corrispondente raffreddamento in quella circumpolare. Le cause e il significato di queste variazioni, comunque, sono ancora oscuri.

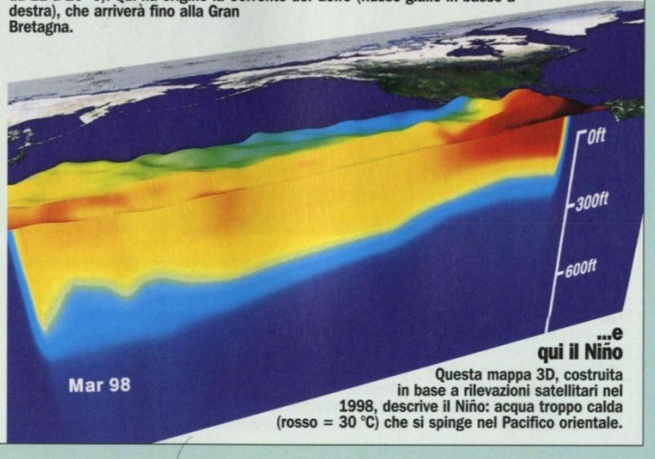
Inondazioni in Sud America

Dunque, la Terra-Gaia ha nella sua massa d'acqua una sorta di termostato. Non sempre, però, dal funzionamento impeccabile. L'esempio migliore è ciò che accade nell'oceano Pacifico, il più vasto di tutti, con il 33 per cento della superficie totale, il più caldo, il più imprevedibile. Di norma i venti spingono la calda superficie dell'acqua verso ovest, nell'area indonesiana. Così, al largo delle coste del Cile e del Perù, può giungere in superficie acqua fredda a rimpiazzare quella spinta via dal vento, stabilizzando la temperatura in tutto il Pacifico. Ogni 3-7 anni, però, il vento dell'est non arriva. La temperatura non si abbassa e un fronte di calore si propaga per migliaia di chilometri verso est. Si forma così uno strato d'acqua calda che impedisce alle correnti fredde di risalire per mitigare il sistema climatico e portare in superficie sostanze nutrienti che aumentano la presenza di pesce.

Questo fenomeno anomalo, conosciuto come il Niño, non è solo una iattura per i pescatori peruviani. Il calore e l'umidità entrano in circolo globalmente. Cambiano la localizzazione delle piogge, portano siccità in Indonesia e Australia, indeboliscono i monsoni in Asia, ma provocano inondazioni in Sud America. Diminuiscono le probabilità di cicloni nell'Atlantico, ma le fanno aumentare nel Pacifico. Ed è proprio l'osservazione degli oceani a darci la possibilità di prevedere questi pericolosi fenomeni. ❑



Qui nasce la Corrente del Golfo...
Le temperature superficiali del mare intorno alla Florida (dal giallo al rosso: da 22 a 26 °C). Qui ha origine la Corrente del Golfo (flusso giallo in basso a destra), che arriverà fino alla Gran Bretagna.



...e qui il Niño
Questa mappa 3D, costruita in base a rilevazioni satellitari nel 1998, descrive il Niño: acqua troppo calda (rosso = 30 °C) che si spinge nel Pacifico orientale.

Predatore del profondo
Un *Chauliodus sloani*. Ha tutte le caratteristiche dei pesci abissali: occhi sensibilissimi, pelle traslucida e... morso efficacissimo.

Quante specie viventi abitano i mari?

Ciò che è davvero sconosciuto, nell'oceano, è la vita: gli scienziati hanno catalogato 250 mila specie animali, ma potrebbero esisterne 10 milioni. Alcune delle quali decisamente sorprendenti.

Nell'oceano è nata la vita, ma sono comparsi anche il sesso, la predazione, gli animali pluricellulari e le prime piante.

E ancor oggi l'oceano è un immenso serbatoio di vita: il peso complessivo degli esseri che vi abitano è pari a 130 miliardi di tonnellate. Ma è l'enorme varietà dei residenti, più che la loro quantità, a testimoniare il suo ruolo come laboratorio biologico. Dei 33 *phyla* di animali esistenti sul pianeta, cioè i "tipi" che raggruppano le specie con la stessa organizzazione anatomica, 30 si ritrovano nell'oceano, e 15 vivono soltanto lì. Anche l'uomo ha parenti acquatici, del *phylum* dei cordati. I cordati più primitivi sono esseri vermiformi con una rozza spina dorsale, e sono gli antenati di tutti i vertebrati, elefanti compresi.

Sulla terraferma le specie di animali conosciute sono un milione e mezzo circa, in massima parte insetti. Negli oceani ne sono state identificate solo 250 mila specie. Ma dato che è stata raggiunta dall'uomo soltanto l'1 per cento della pianura oceanica, qualche esperto azzarda l'ipotesi che potrebbero esserci 10 milioni di specie "bentoniche", cioè specie che vivono ancorate al fondo come piante.

A bocca aperta
È praticamente solo bocca, questo abitante degli abissi, denominato *Saccopharynx lavenberg*.

E smettila di seguirmi!
Sotto, una minisonda robotica: i batiscafi oceanografici più recenti, come Kaiko (Giappone), estendono le loro esplorazioni inviando robot controllati via cavo.

Resistente all'ebollizione
Complesso enzimatico resistente al calore, prodotto da batteri ipertermofili *Staphylothermus marinus*.

Alghe e vermi colossali

Altri, più prudenti, parlano di mezzo milione di specie ancora da scoprire. Comunque una cosa è sicura: la vita marina, oltre a essere abbondantissima e onnipresente, ha anche caratteristiche tutte sue, che ce la rendono spesso quasi aliena.

Perché l'acqua non è l'aria. Primo: è 800 volte più densa. Secondo: consente a organismi e particelle di fluttuare all'infinito. Esiste un animale o un seme che possa farlo nell'aria? Con questa massa di particelle organiche e di organismi in sospensione, molti animali marini, come gli anemoni, si sono adattati a vivere fissi sul fondo. Chi può permettersi, nell'ambiente terrestre, di attendere che il cibo gli entri in bocca da solo? Forse solo i ragni. Terzo: la densità dell'acqua ha fatto risparmiare agli organismi la costruzione di complicati scheletri ossei o strutture di cellulosa, che sulla terraferma servono a mantenersi eretti.

In queste condizioni, il gigantismo diventa la norma. E ▶

Quante sono le miniere sotto il mare?

È anche una miniera, il continente azzurro: si stima che contenga 10 miliardi di tonnellate d'oro, ed enormi quantità di noduli di manganese sparsi un po' ovunque (che contengono anche ferro, rame e nichel). In attesa di sviluppare tecnologie per estrarli, la risorsa maggiore resta il petrolio.
In orizzontale. Oggi si riescono a coltivare pozzi anche a 2000 metri di profondità, con trivelle che viaggiano in orizzontale fino a 700 metri. Senza contare le navi perforatrici, in grado di restare sul pozzo con un errore di soli due metri con il mare a forza 4. Oggi il 31 per cento del petrolio viene da giacimenti marini. Negli oceani ci sono riserve certe di 280 miliardi di barili, pari a 34 anni di sfruttamento. E le riserve da scoprire sono stimate in 250 miliardi di barili.

Nodulo di manganese: i fondali ne sono ricchi.

Spugna... innaturale
Nell'acqua la vita tende al gigantismo: lo dimostra questa spugna *Xestospongia muta* ripresa nel Mar dei Caraibi.

Inscatolatori
Scienziati dello Scripps Institute raccolgono campioni nelle acque dell'Antartide.

Groviglio uncinato
Rizoidi di kelp. Sono come le radici nelle piante: tengono l'alga ancorata al fondo.

non lo dimostrano soltanto le balene: c'è un'alga laminaria, al largo della California, che può arrivare a un'altezza di 100 metri, sostenuta dall'acqua, battendo così la sequoia terrestre. La densità dell'acqua permette a un sifonoforo del genere *Praya* di essere l'animale più lungo del mondo, con i suoi 40 metri di estensione, pur avendo uno spessore corporeo che non supera quello di un pollice umano. Esseri molli, bavosi, bioluminescenti attendono che le sostanze nutritive scendano nelle profondità. Come manna dal cielo. Anche se chi abita gli strati d'acqua superiori lascia soltanto le briciole per quelli che stanno sotto.

L'acqua è fredda? Allora si mangia

In realtà anche nell'acqua la vita non è così semplice, perché le sostanze nutritive sono molto diluite. Si calcola che se sulla terraferma ogni metro cubo di suolo può fornire in un anno 50 chili di materia organica secca, un metro cubo d'acqua di mare ne dà solo 5 grammi. E così gli animali marini tendono a concentrarsi lungo le coste, nelle foreste di alghe e nelle barriere coralline, dove vi è maggior quantità di cibo. Nelle pozze di marea, pur sottoposte a forti escursioni idriche e termiche, si sono contate fino a 5 mila specie di organismi in pochi metri quadrati.

Abbondante nutrimento si trova anche in alcune zone di mare aperto dell'emisfero settentrionale dove il vento spazza gli strati d'acqua superiori facendo risalire correnti fredde ricche di fosforo e azoto. Ai tropici, in alto mare, la produttività è invece scarsa perché gli strati d'acqua superficiali sono stabili e la luce del sole impoverisce le sostanze nutritive in essi presenti.

RACCOLTA DATI A cosa serve il laboratorio Paloma?

Tra i tanti modi di studiare l'oceano ci sono anche i laboratori galleggianti. Come Paloma (Piattaforma avanzata laboratorio oceanografico mare Adriatico).
Test-mucillagine. Installata nel Golfo di Trieste nel febbraio del 2000, Paloma rileva dati meteo, velocità, temperatura, densità dell'acqua, presenza di mucillagini e alterazioni chimiche. Dati locali? Non del tutto, dal momento che le correnti che passano per il Golfo di Trieste percorrono tutta la costa adriatica, arrivando al Mediterraneo. I dati raccolti da Paloma dovrebbero fornire informazioni anche sulle variazioni di pescosità.

Il trasporto di Paloma al mare: la parte sporgente (il palo a sinistra, con i sensori) è lunga 10 metri.

Migrazioni in cerca di cibo

«È questo il motivo delle migrazioni delle balene, che vanno a rifornirsi di plancton nell'emisfero nord e si accoppiano a sud, dove spesso sospendono la nutrizione» spiega Antonio Di Natale, zoologo dell'Acquario di Genova.

La stessa giustificazione hanno i viaggi dei tonni dalle acque della Florida al Mediterraneo o al Mare del Nord; oppure dei pesci spada che passano dall'oceano Indiano al Pacifico.

L'oceano diventa come una grande piscina anche per una tartaruga marina che migra dall'Isola di Madeira, davanti alla penisola iberica, fino al Sudamerica. «Le risorse sono molto sparse in mare» continua Di Natale «ed è per questo che i capodogli vanno a cacciare anche a 3 mila metri di profondità, come fa anche lo squalo megamouth (grande bocca) che si credeva abitasse solo al largo delle coste americane e che invece è stato visto dagli esperti dell'Acquario di Genova attaccare un capodoglio in Indonesia».

Occhi grandi perché c'è buio

Giganteschi, sempre in movimento... e con occhi enormi: ecco un'altra caratteristica delle creature oceaniche.

Soprattutto di quelle che vivono sui fondali abissali, dove si muovono al buio granchi del Giappone lunghi 2 metri e calamari giganti che ne misurano 20. Laggiù gli occhi sono diventati grandi per meglio ricevere i messaggi della bioluminescenza, quel meccanismo che permette a molti animali abissali di emettere luce attraverso cellule chiamate fotofori. Molti pesci abissali emettono luci per attirare le loro prede e hanno bocche sproporzionatamente grandi, con denti affilatissimi. Il motivo è che qui non si può sbagliare un colpo, data la scarsità degli incontri. Il pesce vipera, per esempio, ha un corpo lungo e sottile e una testa con mascelle a sciabola in grado di disarticolarsi per inghiottire prede enormi.

Dagli abissi fino alla spiaggia

La bioluminescenza è un ottimo strumento mimetico. Il pesce ascia, per esempio, produce con i fotofori una luce simile a quella che entra negli ultimi strati d'acqua prima del buio. Visto da sotto, un predatore lo confonde con il fronte di luce, anche perché la sua coda è quasi trasparente. Per trovare i pesci abissali non sempre c'è bisogno di costose campagne di ricerca. In Italia si recuperano, a volte ancora vivi, lungo lo stretto di Messina: forti correnti di profondità li portano in superficie da un livello di meno 2 mila metri nello Ionio, e lo scirocco li fa spiaggiare.

I nostri veri progenitori

Altre creature straordinarie (tralasciando i grandi cetacei) sono i batteri termofili, scoperti nelle sorgenti idrotermali presenti su alcuni fondali oceanici: definiti "estremofili", questi organismi sopravvivono a temperature fino a 113 °C e si procurano energia metabolizzando il solfuro d'idrogeno, che per quasi tutti gli esseri viventi è tossico. Un'analisi eseguita nel 1996 ha rivelato la presenza di geni sconosciuti nel 50 per cento del loro Dna, tanto che si è proposto di istituire per loro un terzo regno, dopo animali e vegetali: gli *archaea*, o "antichi". ❑

Come si formano le onde anomale?

Lo tsunami del 26 dicembre 2004 non ha nulla a che fare con le onde anomale: è stato originato da un terremoto di magnitudo 9. Le onde che ha provocato hanno colpito 12 Paesi.

Inghiottiti dall'acqua
Surfisti nella baia di Sydney (Australia). Onde giganti vengono provocate da forti venti e bassa pressione.

L'esistenza delle onde anomale, ritenute fino a qualche tempo fa una fantasia da marinai, è stata oggi definitivamente provata grazie al progetto scientifico "MaxWave", avviato nel 2000 con il contributo dell'Unione europea, e ancora in corso. Dallo studio delle immagini raccolte da due satelliti dell'Agenzia spaziale europea è stato possibile individuare, in solo tre settimane, 10 onde alte più di 25 metri.

Correnti e temporali. La ricerca, ora, dovrà spiegare l'origine di queste onde: al momento si è osservato che le forti correnti oceaniche contribuiscono a formare onde enormi. Anche temporali con forti venti che si protraggono per più di 12 ore aumentano le dimensioni di quelle onde, che si muovono in sincronia col vento. Un'altra teoria sostiene che un'onda anomala si forma sottraendo energia all'onda che la precede e a quella che la segue, e dando origine a una massa d'acqua alta anche 30 m, posta tra due depressioni. L'indagine prosegue pure sulle oltre 200 imbarcazioni di grandi dimensioni (petroliere e cargo) che sono state date per disperse in mare negli ultimi 20 anni: alcune sono state vittime di onde anomale. ❑

Tutto il mare ha lo stesso livello?

Se diciamo che una città è a x metri "sul livello del mare", dovremmo anche specificare a quale mare facciamo riferimento.

Misurare il livello del mare è abbastanza problematico, perché il suo valore è influenzato da diversi fattori: può variare nel giro di secondi (per via delle onde), ore (le maree), settimane (per l'influsso delle orbite solari e planetarie), secoli (variazioni climatiche), oltre che in base alla pressione atmosferica e alla temperatura dell'acqua (che ne cambiano densità e volume). Definire il livello medio (chiamato "livello zero" o "zero altimetrico"), attorno a cui avvengono tali oscillazioni, è però importante perché serve come riferimento per misurare altitudini e profondità.

Medie. Il livello medio del mare viene calcolato tramite analisi statistiche pluriennali dei dati ricavati da appositi strumenti di registrazione, chiamati mareografi. Tale livello non è lo stesso per tutti i mari: in Italia, in particolare, il livello medio dell'Adriatico è superiore a quello del Tirreno, e quello dell'Alto Adriatico è più elevato di quello del Basso Adriatico; così che è necessario indicare a quale livello si riferiscono i valori altimetrici, che per la cartografia italiana è il livello medio a Genova. ❑

Isola in capo al mondo

Un banco di pesci nuota nelle acque dell'immensa laguna dell'isola di Lord Howe, 600 km a est dell'Australia.

Disastro ecologico a Punta del Este, in Uruguay, nel 1997.

Come fa il mare a "digerire" le maree nere?

Funghi e batteri biodegradano il petrolio, ma sono necessari anni perché ciò avvenga.

Di tutto il petrolio che ogni anno si riversa in mare a causa di incidenti, si riesce a recuperarne solo una minima percentuale, che non supera in media il 15 per cento. Il rimanente, se non finisce sulle spiagge, viene smaltito dal mare.

Infatti gli idrocarburi, cui il petrolio appartiene, sono biodegradabili da parte di vari generi di funghi e batteri.

Efficienti. Ciò è possibile grazie a una serie di reazioni per cui 1 chilogrammo di idrocarburi viene trasformato in 1,6 kg di anidride carbonica, 1 litro d'acqua e 1 kg di biomassa (cioè sostanze organiche) grazie all'apporto di 2,6 kg di ossigeno e 0,07 kg di azoto.

Nelle acque in cui sono presenti sorgenti naturali di petrolio (come nel golfo Persico) o in quelle sottoposte a frequenti aggressioni di agenti inquinanti, questi microorganismi riescono ad aumentare la propria efficienza. La conversione naturale del petrolio, tuttavia, richiede comunque alcune decine di anni. ❑

Perché la foresta Umbra si chiama così se si trova in Puglia?

Il nome significa "ombrosa", e non ha nulla a che fare con la regione Umbria.
La foresta Umbra è infatti una riserva naturale situata all'interno del parco nazionale del Gargano, in Puglia. In prevalenza costituita da faggi e querce, è un residuo di una selva millenaria.
Nonostante ciò, o forse proprio per questo, è la più estesa foresta di latifoglie italiana: 10.500 ettari.

Esistono piante che sopravvivono se innaffiate con acqua salata?

Sì e si chiamano alofite (sono esempi la salicornia e l'artemisia marittima). Si tratta di piante adattatesi agli ambienti salini e diffuse negli stagni salmastri costieri, nei suoli salati continentali e sulle spiagge marine. Alcune di esse, come l'arbusto australiano *Atriplex vesicaria*, richiedono assolutamente sodio (un componente del sale) come sostanza nutritiva.

Confinato. I dispositivi messi a punto dalle alofite per tollerare concentrazioni di sali fino al 5% sono molteplici: alcune hanno sviluppato meccanismi per accumulare e confinare il sale nei loro vacuoli. Altre, pur assorbendone in elevata quantità, lo eliminano continuamente grazie a numerose cellule escretrici sul fusto e sulle foglie.

Una coltivazione di tulipani in Olanda. Per loro è d'obbligo l'acqua dolce.

Che cos'è a provocare la schiuma del mare?

La schiuma marina è un aggregato instabile di bolle d'aria. Perché possa formarsi è necessario che qualcosa diminuisca la tensione superficiale dell'acqua, riducendo l'attrazione fra le sue molecole e favorendo così la formazione delle bolle. Questo "qualcosa" è, in genere, il materiale organico naturalmente disciolto nell'acqua del mare, che agisce circa allo stesso modo dei tensioattivi del bagnoschiuma nella vasca.

Spuma. A far spumeggiare l'acqua sono poi i venti superficiali o il frangersi delle onde contro la riva o gli scogli, che rimescolano l'acqua racchiudendo l'aria in piccole bolle. Il bianco della schiuma dipende dalla miriade di bollicine d'aria in essa contenute, che riflettono la luce in tutte le direzioni.

Così nascono i "cavalloni"

I segreti del moto ondoso non sono stati ancora tutti svelati. Si sa però che il vento vi gioca un ruolo fondamentale...

Il soffio di Eolo

In mare aperto, l'altezza delle onde dipende dall'intensità e dalla persistenza del vento. Le brezze formano dapprima leggere increspature (1). Se l'intensità aumenta, o se il vento persiste, le onde crescono in altezza e alla loro sommità si formano le creste schiumose (2). Nei mari più agitati (Mare del Nord, Atlantico e Pacifico meridionale) le tempeste, con venti che soffiano a oltre 100 km/h, sollevano onde alte fino a 30 m (3).

Come si formano le onde del mare?

La causa principale del moto ondoso è il vento. Quando inizia a spirare, l'attrito dell'aria sulla superficie marina forma piccole increspature (dette onde capillari). Il vento agisce su di esse, provocandone l'abbassamento nel punto dove esercita una pressione maggiore; per compensare tale abbassamento, l'onda si innalza dove la pressione esercitata dal vento è minore. Se il vento persiste, questo processo produce un'amplificazione progressiva dell'onda stessa.

Flutti. Le onde aumentano di altezza quando si avvicinano alla costa, a causa dell'attrito con il fondale. E si frangono, cioè si "spezzano" formando la schiuma, quando la profondità dell'acqua è circa 1,5 volte la loro altezza. Le fasi di formazione delle onde e di accumulo di energia al loro interno non sono però del tutto chiare. Oltre al vento, infatti, vi giocano un ruolo le maree, i terremoti, i maremoti e le frane sottomarine.

Trasmissione d'energia. La velocità delle onde dipende da quella del vento che le ha generate, ma anche dalla profondità del mare e dalla vicinanza delle coste. Arrivano intorno ai 100 km/h in mare aperto e scendono fino a 15 km/h nelle insenature. Ma quelle prodotte dai maremoti (tsunami) possono toccare i 700 km/h! ❑

Battuta dalle tempeste
Un'elaborazione fotografica che rende in modo drammatico il frangersi delle onde marine su una piattaforma petrolifera.

Che cos'è il vento?

Bufera di vento a Roma, in piazza S. Pietro.

Il vento è prodotto dalla differenza di pressione tra due diverse zone o strati atmosferici, che genera uno spostamento delle masse d'aria; queste si muovono dalle regioni di alta verso quelle di bassa pressione. **Continuo movimento.** Importanti sono anche le differenze di temperatura. Infatti, nelle zone più illuminate dal Sole, l'aria si riscalda e tende ad andare verso l'alto, creando un vuoto che viene riempito dall'aria fredda. Questo continuo spostarsi di masse d'aria è ciò che chiamiamo vento.

Dove soffiano i venti più forti?

Secondo le statistiche, il luogo più ventoso del mondo è la Commonwealth Bay (George V coast, Antartide), dove il vento ha più volte superato i 320 km/h. Ma la raffica di vento più forte che sia mai stata misurata sul nostro pianeta si è verificata nel corso del tifone Paka, che colpì l'isola di Guam (territorio Usa in Oceania) nel dicembre del 1997: la velocità di punta registrata dagli anemometri fu di 380 km/h.

Quanto pesa l'aria?

Un metro cubo di aria, in condizioni standard (1 atmosfera di pressione e 0 °C di temperatura), pesa quasi 1,3 kg. Per calcolarlo si sfrutta la proprietà secondo la quale una mole di gas (cioè una quantità pari al peso molecolare della sostanza espresso in grammi) in condizioni standard occupa sempre lo stesso volume di 22,41 litri, indipendentemente dal tipo di gas. Essendo una mole d'aria pari a 28,96 g, risulta che un litro d'aria pesa 28,96 : 22,41 = 1,29 g. Un m³, pari a 1.000 litri, pesa quindi 1,29 kg.

Mongolfiere: volano perché più leggere dell'aria.

Perché il lago Natron è rosso?

Inferno salato

Formazioni di sodio (bianche) sulla superficie rossastra del lago Natron (Tanzania), uno dei laghi salati del *rift* africano.

Il lago si trova nel rift africano, dove le placche continentali si allontanano: qui tra qualche millennio ci sarà un oceano.

Ogni primavera le acque del lago Natron (Tanzania settentrionale) si tingono di rosso. Responsabile di questa metamorfosi è un batterio che contiene un pigmento rosso vivo, una delle poche sostanze in grado di trasformare in nutrimento la luce solare, come fa la clorofilla. Lungo 65 km e largo 35, il Natron è un lago "infernale": le sue acque raggiungono i 65 °C a causa della presenza di sorgenti termali e vi si registrano altissime concentrazioni di bicarbonato di sodio. Eppure, questo habitat apparentemente ostile non impedisce a fenicotteri e altri animali di abitare le sue sponde. ❑

FENOMENI

Che cosa sono le nubi nottilucenti?

Le nubi nottilucenti si trovano a circa 80-100 km di quota, cioè molto più in alto delle nuvole normali. Sono così tenui da diventare visibili solo verso sera, quando il sole è già sotto l'orizzonte ma riesce ancora a illuminare dal basso queste nubi. Hanno un colore che in genere è vicino al blu elettrico e sono formate da minuscoli cristalli di ghiaccio.
I cristalli, come nelle nubi normali, sono composti di due ingredienti: molecole d'acqua e polveri. Ma nel caso delle nubi nottilucenti la loro provenienza non è ancora ben nota. Le polveri arrivano probabilmente dallo spazio esterno (come minuscole meteore), mentre il vapor d'acqua viene quasi certamente portato dalla bassa atmosfera fin lassù dai potenti venti ascensionali estivi.

Un fiume potrebbe cambiare direzione?

Basta recarsi in Cambogia in giugno e novembre per osservare il fiume Tonle Sap invertire la direzione delle proprie acque.

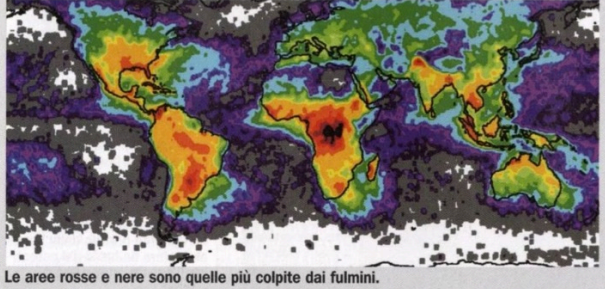
Nella stagione dei monsoni (da giugno) le piene del Mekong, di cui il fiume è un affluente, risalgono il Tonle Sap verso nord fino al lago omonimo.

Dietrofront. In novembre, con la stagione secca, le acque del lago defluiscono e scorrono di nuovo verso sud, in direzione del Mekong. Questo fenomeno rende le acque del Tonle Sap estremamente ricche di limo, un sedimento che si deposita nel letto del fiume e che gli abitanti della zona utilizzano come fertilizzante. ❑

Fenomeno generoso

Le acque del Tonle Sap (Cambogia) grazie al flusso e riflusso della corrente sono molto ricche di limo.

Quali sono le zone della Terra in cui cadono più fulmini?

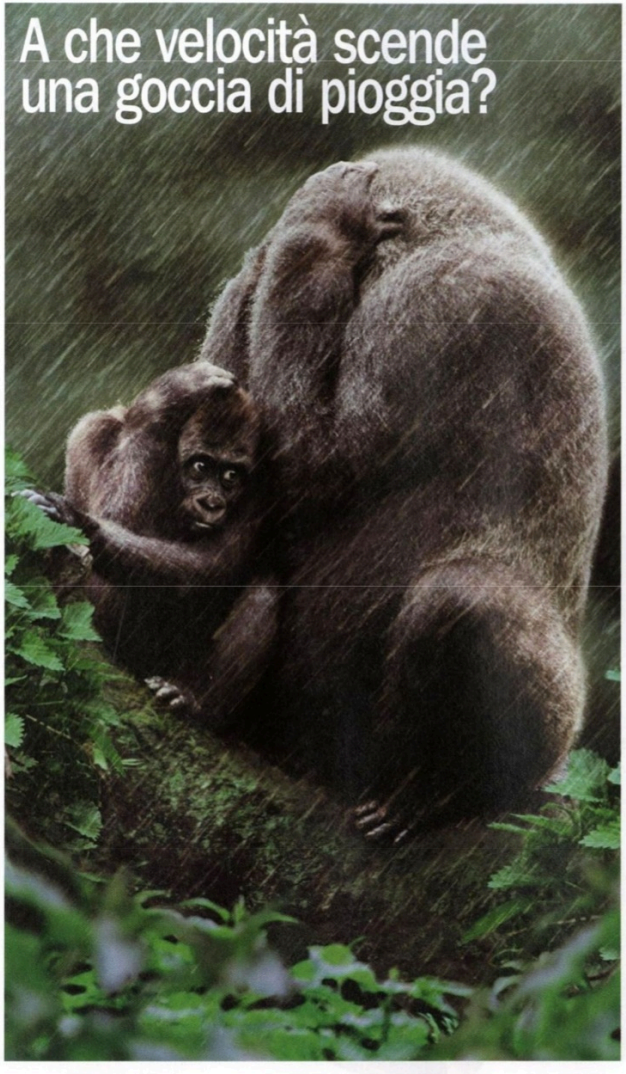


Le aree rosse e nere sono quelle più colpite dai fulmini.

Anche i fulmini hanno le loro preferenze: non amano gli oceani ma gradiscono le coste della Florida, il Brasile e l'Africa centrale. Grazie ai dati di due satelliti, alcuni scienziati della Nasa hanno ottenuto una mappa globale della distribuzione dei fulmini (a sinistra).

Si è visto che il loro numero è proporzionale a quello dei temporali, frequenti nelle regioni in cui vi sono violenti scontri di masse d'aria. Nell'emisfero nord i fulmini si scatenano specie in estate, nelle regioni equatoriali in autunno e primavera, ai poli quasi mai.

A che velocità scende una goccia di pioggia?



Anche durante il più violento acquazzone tropicale, l'acqua che cade dal cielo non può superare la velocità di 32 chilometri all'ora.

A una velocità compresa tra 8 e 32 km/h circa. La velocità massima (o "limite") dipende infatti dal diametro e dal peso della goccia: più è grande, più è veloce.

Una gocciolina di pioggia può avere un diametro minimo di 0,5 mm (quanto un granello di sale) e uno massimo di circa 6,35 mm (se è più grande si spezza). Nel primo caso scende a circa 2 m/s (8 km/h), nel secondo precipita invece alla velocità di 9 m/s (32 km/h). Questi valori si ricavano dall'equilibrio tra le due forze opposte che intervengono nella caduta: la gravità e la resistenza dell'aria.

Sperimentale. A soddisfare questa curiosità, nel 1904, fu il fisico tedesco Philipp Lenard (1862-1947), che costruendo un tunnel del vento verticale riuscì a calcolare le velocità delle gocce regolando un flusso d'aria dal basso in modo da tenerle sospese in aria. Lenard scoprì anche che la velocità di una goccia aumenta con le sue dimensioni, fino a un limite (4,5 mm) oltre il quale rimane costante. Il motivo? Ingrandendosi ulteriormente, la goccia si deforma (prima è sferica, poi si appiattitisce) e aumenta così la resistenza dell'aria, che ne rallenta la caduta a terra. ❑

Forza della natura

Una mamma e un cucciolo di gorilla di montagna, sorpresi da un temporale tropicale.

Perché l'acqua del mare è salata?

Il sale del mare arriva dalle rocce presenti sulla terra. La pioggia che cade sulla terra contiene anidride carbonica, presente nell'aria. Acqua e anidride carbonica formano acido carbonico, e ciò ha come conseguenza il fatto che la pioggia è leggermente acida. Quindi, oltre a erodere meccanicamente le rocce, la pioggia le sgretola anche chimicamente, grazie alla presenza dell'acido carbonico: i residui dissolti, sotto forma di ioni, vengono trasportati nei ruscelli e nei fiumi, e da qui al mare. Gran parte degli ioni dissolti sono utilizzati dagli organismi presenti nel mare e quindi tolti dall'acqua.

Cloro e sodio. Tra gli ioni che rimangono, i più comuni sono il cloro e il sodio, che costituiscono circa il 3,5% del peso dell'acqua di mare. Non è vero, infine, che nelle acque dolci non vi siano sali, è solo che sono presenti in concentrazioni più basse. Solo l'acqua distillata non contiene sali di nessun tipo e, infatti, ha un sapore dolciastro.

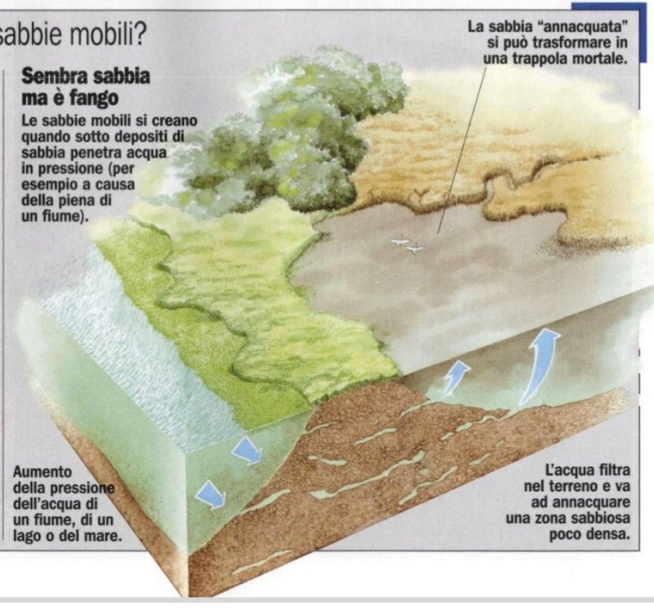
Sapore di sale
Nave riflessa nelle acque della Danimarca. Anche nei fiumi sono presenti sali, ma in concentrazioni più basse che in mare.

Che cosa sono le sabbie mobili?

Sono strati di sabbia impregnati d'acqua depositati dalle acque di dilavamento o dal vento su terreni più solidi. Si formano dove c'è acqua che risale dal basso verso l'alto: nelle zone paludose, in prossimità dei fiumi, sulle rive dei laghi o del mare. Hanno l'aspetto di un normale terreno sabbioso, ma sono molto più cedevoli sotto il peso a causa dell'acqua. Se lo strato di sabbia è alto, possono trasformarsi in trappole, perché è difficile appoggiarsi sul terreno solido sottostante e liberarsi.

Se ne esce a nuoto. Per uscirne non bisogna fare movimenti bruschi e, con gesti lenti, occorre cercare di liberarsi di ciò che, per il peso, può trascinare a fondo. A questo punto è necessario stendersi sul dorso e "fare il morto" come in acqua, cercando di nuotare verso la terraferma.

Sembra sabbia ma è fango
Le sabbie mobili si creano quando sotto depositi di sabbia penetra acqua in pressione (per esempio a causa della piena di un fiume).

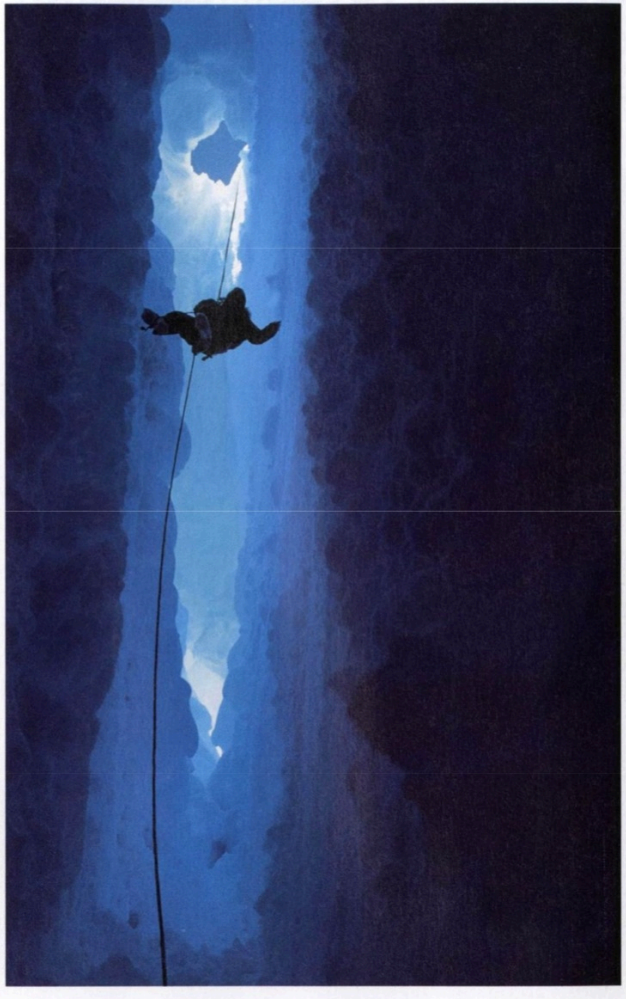


Quanto ghiaccio si trova ai poli?

Il volume occupato dai ghiacci è un "cubetto" di oltre 300 chilometri di lato

Le calotte glaciali attualmente coprono circa il 10% delle masse continentali. Le immense distese di ghiaccio che ricoprono Groenlandia e Antartide sono chiamate dagli esperti "inlandsis". La massa antartica ha una superficie di 13 milioni di km², e nella parte centrale lo spessore raggiunge i 4 mila metri. La massa groenlandese ha una superficie di 1.650.000 km² e al centro è spessa 3 mila metri.

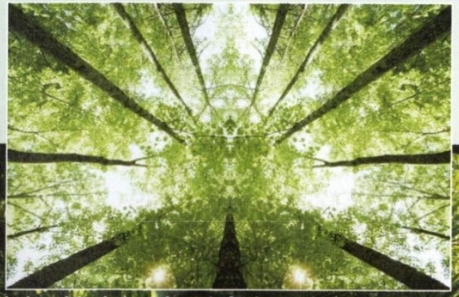
Inlandsis. Considerando lo spessore medio delle inlandsis, di 2 mila metri, si può ricavare il volume occupato dai ghiacci: 29.300.000 km³, un "cubetto" di oltre 300 km di lato! L'inlandsis si muove lentamente: le lingue di ghiaccio che arrivano a quote più basse risentono delle temperature più alte e si fondono. A contatto col mare, sono attaccate dalle onde, e danno origine agli iceberg. Considerando anche la quantità di ghiacci che coprono la superficie del mare, le superfici coperte dal ghiaccio sono 10,6 milioni di km² per l'Artico e 20 milioni di km² per l'Antartico. È quasi impossibile calcolare il loro volume. ❑



4 mila metri
Uno scalatore si cala in un crepaccio nel ghiaccio della penisola antartica. Le calotte glaciali possono essere spesse anche 4 mila metri.

Cos'è la fotosintesi clorofilliana?

Deriva dalle parole greche φωτος (luce) e συνθεσις (creazione) e indica la capacità che hanno le piante di trarre cibo (zuccheri) da luce, aria e acqua, emettendo prezioso ossigeno come scarto.

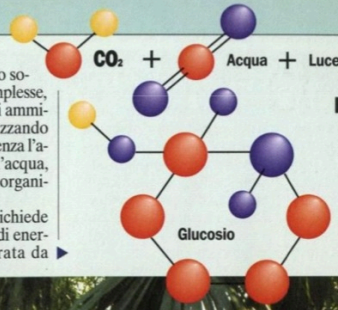


La luce del sole è un elemento fondamentale della fotosintesi.

La fotosintesi clorofilliana è il processo con il quale le piante ricavano nutrimento dall'anidride carbonica e dall'acqua, usando la luce ed emettendo, come scarto, il prezioso ossigeno.

Detto in linguaggio più scientifico... È il processo attraverso il quale gran parte dei vegetali elaborano sostanze organiche complesse, come i carboidrati, gli amminoacidi, i grassi, utilizzando come prodotti di partenza l'anidride carbonica e l'acqua, che sono sostanze inorganiche.

Questo processo richiede una grande quantità di energia che viene catturata da ▶



La reazione-base

Schema della fotosintesi (detta "clorofilliana" perché è la clorofilla a rendere utilizzabile la luce). I prodotti finali sono composti organici complessi.

Polmone verde

Foresta pluviale della Thailandia, nel Sudest asiatico. Queste enormi distese verdi costituiscono le riserve di ossigeno per l'intero pianeta.

quella luminosa e poi trasformata, grazie all'intervento della clorofilla, in energia chimica.

Prime idee e primi errori. Già nell'Ottocento erano noti il punto di partenza e quello di arrivo della fotosintesi, ma non risultavano molto chiare le reazioni intermedie. A quell'epoca, il fenomeno era descritto così: utilizzando l'energia solare, la clorofilla trasforma 6 molecole di anidride carbonica che reagiscono con 6 molecole d'acqua originando una molecola di glucosio (uno zucchero) e 6 molecole di ossigeno. Durante tutto il diciannovesimo secolo, quindi, si pensò che l'ossigeno emesso dalle piante derivasse dalla scomposizione dell'anidride carbonica in ossigeno e in carbonio. Quest'ultimo, combinandosi con l'acqua, avrebbe poi originato lo zucchero (al cui interno vi sono 6 atomi di carbonio).

In realtà, l'ossigeno deriva dalla scomposizione dell'acqua, ottenuta utilizzando l'energia della luce solare. ❑

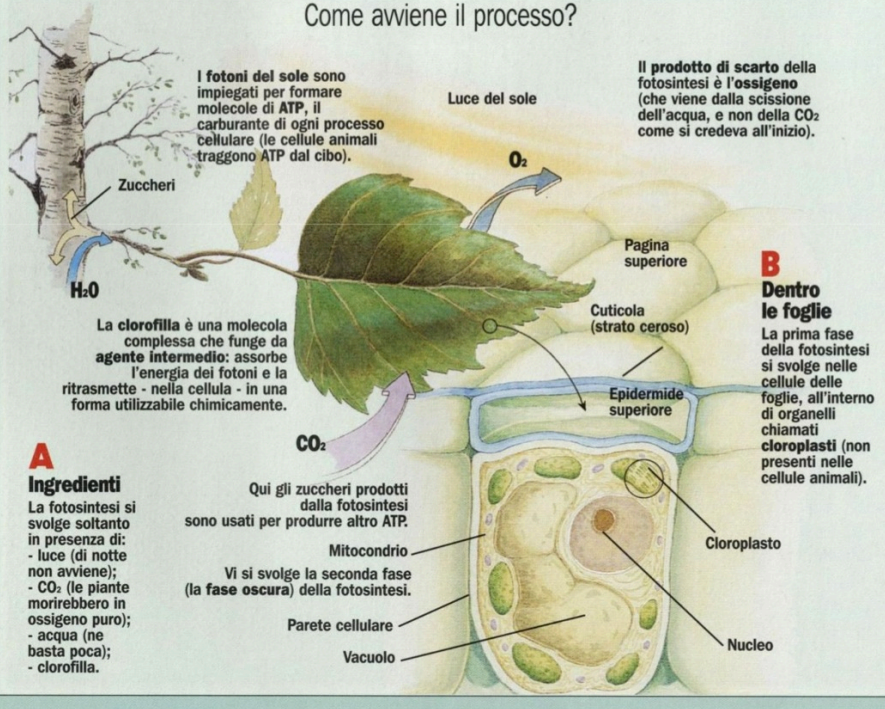
A che cosa serve la fotosintesi?

La fotosintesi serve a fornire agli organismi zuccheri semplici che possono essere immediatamente utilizzati come fonte di energia per il metabolismo, oppure immagazzinati per essere usati successivamente.

Autotrofi. Nelle piante le riserve sono rappresentate dall'amido, che viene accumulato in organi come le radici o i tuberi. Poiché, dunque, gli organismi fotosintetici non devono introdurre attraverso l'alimentazione (come succede con gli animali) le molecole dalle quali trarre energia, ma sono in grado di sintetizzarle da soli, essi sono considerati "autotrofi".

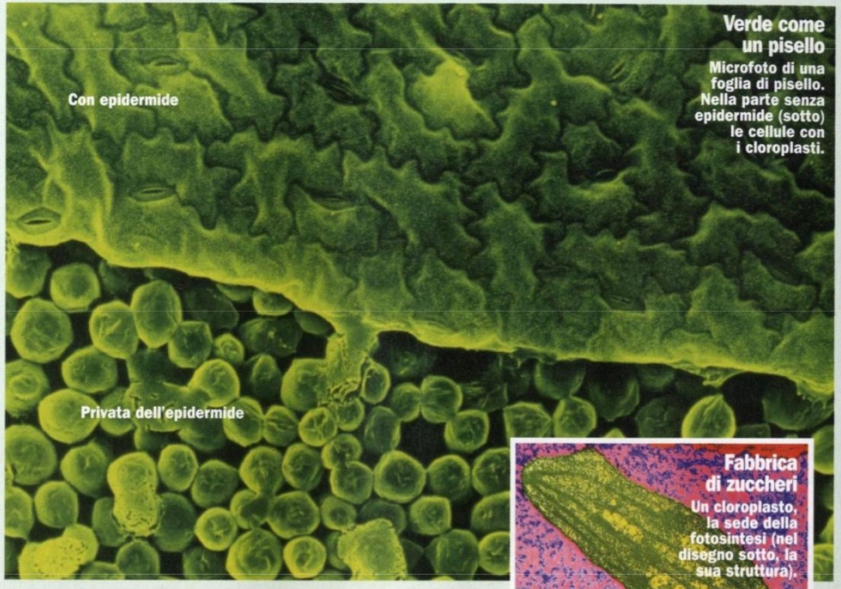
Energia solare. Attraverso il processo di fotosintesi, l'energia solare viene trasformata in energia chimica, che è rappresentata dall'energia dei legami chimici delle molecole ottenute nel corso di questo processo.

Come avviene il processo?



A Ingredienti
La fotosintesi si svolge soltanto in presenza di:
- luce (di notte non avviene);
- CO_2 (le piante morirebbero in ossigeno puro);
- acqua (ne basta poca);
- clorofilla.

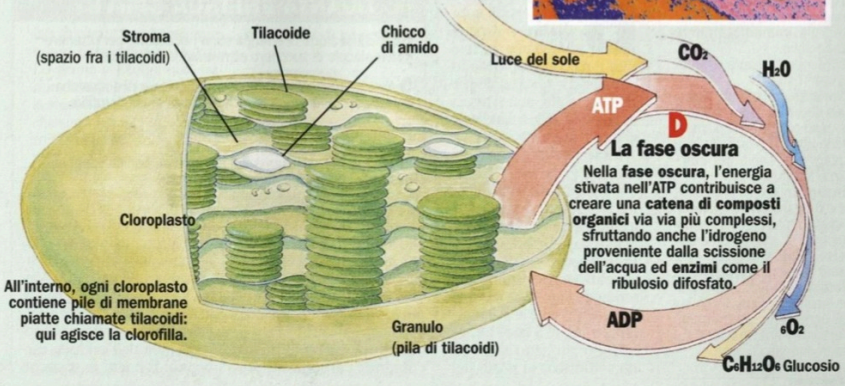
B Dentro le foglie
La prima fase della fotosintesi si svolge nelle cellule delle foglie, all'interno di organelli chiamati **cloroplasti** (non presenti nelle cellule animali).



Verde come un pisello
Microfoto di una foglia di pisello. Nella parte senza epidermide (sotto) le cellule con i cloroplasti.

Fabbrica di zuccheri
Un cloroplasto, la sede della fotosintesi (nel disegno sotto, la sua struttura).

C Il ruolo dei tilacoidi La clorofilla non interviene direttamente nelle reazioni: è un catalizzatore, cioè consente il processo, ma non viene alterata mentre esso si svolge.



D La fase oscura
Nella **fase oscura**, l'energia stivata nell'ATP contribuisce a creare una **catena di composti organici** via via più complessi, sfruttando anche l'idrogeno proveniente dalla scissione dell'acqua ed **enzimi** come il ribulosio difosfato.

All'interno, ogni cloroplasto contiene pile di membrane piatte chiamate tilacoidi: qui agisce la clorofilla.

Piante di riso nei vasi
Esperimenti sulle piantine di riso nel laboratorio di ricerche naturali di Francoforte (Germania).

Le parole per capirne di più

Adenosina trifosfato o ATP: è la molecola presente in tutti gli organismi viventi, per i quali rappresenta la principale forma di accumulo di energia immediatamente disponibile.
ATP: vedi qui sopra, adenosina trifosfato.
Clorofilla: pigmento vegetale di colore verde, presente nelle cellule delle piante e delle alghe. Assorbe la luce solare che serve per compiere la fotosintesi.
Enzimi: molecole proteiche che fungono da catalizzatori biologici, ossia accelerano il decorso di una reazione chimica (come il ribulosio difosfato accelera la fotosintesi).
Fotosintesi: è l'insieme delle reazioni chimiche con cui gli organismi autotrofi convertono l'energia luminosa in energia chimica.

Come funziona la fotosintesi?

Avviene in due fasi, la fase fotochimica e la fase enzimatica. La prima si svolge in presenza di luce, la seconda, detta anche fase oscura, no.

Bisogna attendere il 1900 perché compaia la prima ipotesi attendibile per spiegare il meccanismo della fotosintesi. Le spiegazioni precedenti, infatti, non si avvicinavano per nulla a ciò che oggi si conosce.

Luce=energia. L'idea venne a Cornelius van Niel, e si basava sulla somiglianza tra la fotosintesi operata da alcuni batteri e quella delle piante. Alcuni batteri infatti, in particolare i solfobatteri, sintetizzano carboidrati partendo dall'anidride carbonica, proprio come le piante, ma utilizzando H_2S (cioè idrogeno solforato, detto anche acido solfidrico) al posto dell'acqua. Nel processo, definibile anch'esso come fotosintesi, non si sviluppa ossigeno, ma zolfo. Questo fece pensare che, nella fotosintesi delle piante, non fosse l'ossigeno dell'anidride carbonica a liberarsi dal carbonio (infatti l'anidride carbonica è presente anche nella fotosintesi dei batteri, nella quale - come abbiamo detto - non si libera ossigeno ma zolfo). Van Niel formulò l'ipotesi che la luce provoca la scissione dell'idrogeno solforato o dell'acqua e non dell'anidride carbonica. E infatti la scissione dell'acqua richiede una grande quantità di energia come necessita la fotosintesi.

Le due fasi. Oggi si sa che la fotosintesi avviene in due fasi chiamate fase fotochimica e fase enzimatica od oscura. La prima si svolge necessariamente in presenza di luce, la seconda no. Durante la fase che si svolge alla luce, la clorofilla cattura l'energia luminosa e la trasforma in energia chimica. La clorofilla si trova dentro le foglie, in particolare all'interno di membrane che si trovano in strutture di 5-10 micrometri (millesimi di mm) di diametro chiamati cloroplasti. La clorofilla è un pigmento vegetale di colore verde, in grado di assorbire la luce solare necessaria per compiere il processo fotosintetico. Il suo spettro di assorbimento, cioè l'intervallo di lunghezze d'onda della luce che la clorofilla è in grado di catturare e assorbire, ha valori massimi nell'azzurro e nel rosso; la luce verde, invece, viene riflessa ed è per questo che le foglie appaiono di tale colore. Quella che conta, però, non è la luce che la clorofilla riflette, ma quella che assorbe. E ad assorbire la luce ▶

QUANTA ENERGIA SERVE?

690 chilocalorie di energia sono necessarie per ottenere una molecola di zucchero attraverso la fotosintesi.

6 sono le molecole di anidride carbonica e di acqua che entrano nella reazione iniziale, attivata dalla clorofilla.

6 sono le molecole di ossigeno che si liberano.

Dai **15** ai **60** milligrammi di anidride carbonica vengono assorbiti ogni giorno da un dm^2 di foglie.

Sarà riproducibile anche in laboratorio?

Negli ecosistemi "estremi" è frequente che gli esseri viventi mettano in atto varianti più o meno bizzarre delle loro strategie consuete.
Sintesi "super". Questo accade anche con la fotosintesi. Nelle regioni aride e a elevata luminosità, per esempio, piante come la canna da zucchero e il mais hanno sviluppato un secondo tipo di cellule verdi, concentrate come una guaina intorno ai cosiddetti "fasci vascolari". Questa seconda classe di cellule contribuisce a mettere in atto un tipo di fotosintesi (detta "C4") talmente efficiente da mantenere la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera nei pressi delle piante a livelli praticamente nulli.
Sintesi rossa. Un'altra stranezza è la fotosintesi che avviene in alcuni batteri come il *Rhodospirillum rubrum* (quella che diede a Cornelius van Niel i primi indizi sulla fotosintesi clorofilliana): utilizza un pigmento di colore rosso e sfrutta al posto dell'acqua composti dello zolfo. I batteri fotosintetici vivono nella fanghiglia e in acque ferme, e contribuiscono alla depurazione naturale delle acque.
Sintesi artificiale. Ma si può replicare il processo in laboratorio? Per ora no, ma ci stanno provano all'istituto australiano Csiro (Commonwealth scientific and industrial research organisation). «Come fanno i batteri, però, anche noi sperimentiamo sostanze diverse dalla clorofilla» dice Vijoleta Braach-Maksvytis. Lo scopo è quello di ridurre l'anidride carbonica presente nell'atmosfera e produrre combustibili alternativi, metano e sostanze commestibili come zuccheri e amidi. I tempi previsti per arrivare a risultati utili sono però dell'ordine dei 20 anni.

Veduta aerea della foresta amazzonica in Brasile.

Nutrimento liquido
Coltura idroponica: una pianta cresce (per motivi di studio) nell'acqua. Della terra non ha bisogno.

Melvin Calvin. Statunitense, nel '61 ebbe il Nobel per la chimica.

I PRIMI — Tre secoli di studi nella natura

Jan Ingenhousz
Nacque a Breda (Olanda) nel 1730 e morì nel 1799 a Bowood (Gran Bretagna). Fu naturalista e medico. Divenne noto per avere scoperto che le piante emettono anidride carbonica nell'oscurità, mentre alla luce del giorno emettono ossigeno. Oltre agli studi sulla fisiologia delle piante, fece esperimenti sull'elettricità, sul magnetismo e sulla conduzione termica di vari materiali.

Melvin Calvin
Nacque a St. Paul (Minnesota) nel 1911 ed è morto nel 1997 in California. Chimico, si distinse per le ricerche sulla fotosintesi e per gli studi relativi ad alcune specie di piante utilizzate come combustibile. Ha studiato al Michigan College of Mining and Technology, l'Università del Minnesota e in Europa, presso l'Università di Manchester. Nel 1937 fu chiamato alla facoltà di chimica dell'University of California a Berkeley e negli anni Quaranta iniziò gli esperimenti sulla fotosintesi. Utilizzando il carbonio 14, un iso-topo radioattivo del carbonio, Calvin riuscì a identificare la sequenza di reazioni chimiche che avviene nelle piante nel trasformare l'anidride carbonica gassosa e l'acqua in ossigeno e carboidrati.

IN PASSATO

Quali ipotesi sono state fatte?

Ai tempi degli antichi Greci si riteneva che le piante, come gli animali, dovessero trarre le sostanze nutritive da qualche parte. Così, Aristotele ipotizzò che la vera e unica fonte di nutrizione dei vegetali fosse il terreno. Nel 1600, il medico belga Jan Baptiste van Helmont portò la prima prova che la nutrizione delle piante non poteva dipendere solo dalle sostanze del terreno. Infatti dopo avere coltivato un salice in un vaso, fornendo solo acqua, in cinque anni osservò che la piantina era cresciuta fino a 74,4 kg, mentre il peso del terreno non era variato (pesava soltanto 57 g in meno).

Campana di vetro. Van Helmont dedusse che le sostanze della pianta dovevano derivare dall'acqua. Nel 1771, il chimico inglese Joseph Priestley, dopo avere posto un rametto di menta in una campana di vetro in cui prima aveva bruciato una candela, vide che la piantina sopravviveva e che, dopo alcuni giorni, nella campana si poteva far bruciare un'altra candela o far vivere un topo: Priestley comprese che i vegetali riescono a rigenerare l'aria. Fu il medico Jan Ingenhousz, nel 1796, a teorizzare la capacità delle piante di utilizzare l'anidride carbonica dell'aria scindendola per ottenere carbonio: nel processo si sarebbe liberato ossigeno. Osservò anche che le piante emettono l'ossigeno in presenza di luce, e che ciò avviene in corrispondenza delle parti verdi. Osservazioni giuste, ma con un errore: Ingenhousz pensava che l'ossigeno liberato durante la fotosintesi venisse dalla scissione dell'anidride carbonica.

Piante sotto vetro
Nel centro di ricerca di Bonn (Germania) si studiano gli effetti della luce sulle piantine di riso.

è in particolare un atomo di magnesio, che nella molecola sta tra il carbonio e l'azoto: questo atomo assorbe un fotone di luce passando in uno stato "eccitato", cioè un suo elettrone si sposta in uno stato di maggiore energia. In questo modo, l'energia luminosa viene trasferita all'interno dei legami chimici della clorofilla, dai quali può essere liberata e riutilizzata.

Luce e temperatura. La velocità delle reazioni della fase luminosa può essere, entro certi limiti, incrementata aumentando l'intensità della luce e la concentrazione di anidride carbonica, mentre la velocità delle reazioni della fase oscura può essere aumentata (anch'essa entro certi limiti) da un incremento di temperatura. L'energia immagazzinata dalla clorofilla serve in due occasioni: da un lato scinde la molecola dell'acqua nei suoi componenti, così da liberare l'ossigeno che entra nell'atmosfera (e produrre ioni idrogeno, cioè protoni, che servono per la fase successiva, ed elettroni). L'altra parte dell'energia serve per formare l'ATP, cioè l'adenosina trifosfato, una molecola presente in tutti gli organismi viventi con la funzione di riserva di energia prontamente utilizzabile.

Il ciclo di Calvin. Nella fase oscura, attraverso una serie di complesse reazioni governata da particolari enzimi e conosciuta come "ciclo di Calvin", le molecole di anidride carbonica vengono legate una a una a un composto, il ribulosio difosfato (uno zucchero, la cui molecola contiene, tra l'altro, 5 atomi di carbonio), che funziona da accettore di anidride carbonica per formare il primo composto organico della fotosintesi, l'acido fosfoglicerico (noto anche con la sigla PGA). Successivamente l'idrogeno che si forma dalla scissione dell'acqua trasforma il PGA in aldeide fosfoglicerica (uno zucchero con 3 atomi di carbonio) che è il vero punto di partenza per la sintesi di altri composti organici.

Enzimi. Attraverso un'altra serie di reazioni, sempre a opera di enzimi, alcune molecole di aldeide fosfoglicerica sono utilizzate dalle piante per sintetizzare zuccheri a 6 atomi di carbonio come il glucosio, mentre le altre ricostituiscono il ribulosio che torna nel ciclo, liberando anidride carbonica. La fotosintesi, dunque, si può riassumere come un trasferimento temporaneo dell'energia luminosa all'interno dei legami chimici della molecola di ATP (nella fase luminosa), e poi nel trasferimento permanente della stessa energia nel glucosio (nel corso della fase oscura). La produzione di ossigeno, benché utilissima per la vita sul pianeta, è incidentale: scomporre l'acqua infatti ha lo scopo (dal punto di vista della reazione) di fornire elettroni liberi, necessari come fonte di energia nella formazione della molecola di ATP. ❑

Un biologo americano controlla l'emissione di ossigeno dalle foglie.

Un meccanismo tutto da scoprire

Uno dei processi che attendono ancora una spiegazione completa, pur essendo il meccanismo della fotosintesi ormai chiarito nelle sue linee essenziali, è il modo con il quale le piante reagiscono quando si trovano di fronte a un eccesso di radiazioni solari.

Protezione. Infatti, se non ci fosse un sistema di protezione, l'energia proveniente dal sole verrebbe trasferita all'ossigeno che inizierebbe un'azione di ossidazione nei confronti delle cellule e quindi la morte della pianta. È ciò che succede ai colori dei quadri dipinti con pigmenti naturali se rimangono a lungo esposti alla luce solare.

Proteina-scudo. Qualche anno fa Barbara Demmig-Adams del Dipartimento dell'ambiente, popolazione e biologia organica dell'Università del Colorado a Boulder (Stati Uniti) ha scoperto che le piante possiedono una particolare proteina che ha la funzione di dissipare l'energia in eccesso trasformandola in calore che viene disperso nell'ambiente. Tuttavia, come avvenga esattamente il processo e, in particolare, dove e come agisca la proteina deve ancora essere scoperto.

In laboratorio si studiano i meccanismi della fotosintesi.

Che frutto è il chinotto?

Il chinotto (*Citrus aurantium myrtifolia*) è una sottospecie dell'arancio, ma più simile al bergamotto.
È un alberello alto circa un metro e mezzo, con foglie verde scuro, che dà frutti giallo-arancioni, piccoli (pesano circa 50 grammi) e sferici. La polpa è amara e non è considerata commestibile. La buccia viene invece candita, e il succo è usato per ottenere la bevanda omonima.
Dall'oriente. Il chinotto è originario dell'Asia subtropicale, probabilmente della Cina, ma, arrivato nel bacino del Mediterraneo nel 1500 circa, è oggi coltivato anche in Sicilia e soprattutto in Liguria.

Piccoli e amari
Sopra, pianta del chinotto. Più in alto, i frutti, simili alle arance ma più piccoli. Sono amarissimi, e per questo immangiabili.

Ci sono piante che si muovono?

L'esempio più significativo è quello delle *tumble weeds* (letteralmente, "erbacce che si agitano"). Sono piante tipiche delle praterie e delle steppe, che a un certo punto della loro vita spezzano le radici e formano una sorta di arbusto più o meno sferico. Questo arbusto rotola via, sotto l'azione del vento, portando al suo interno i semi che origineranno nuove piante.

Semoventi. Alcune piante acquatiche, come l'*Eichhornia crassipes*, fluttuano invece trasportate dalla corrente, non avendo radici fisse.

Piante acquatiche in balia della corrente.

FRUTTO E LEGUME Qual è la differenza?

Sia il frutto sia il legume sono il risultato della fecondazione di un fiore e quindi, per i biologi, sono la stessa cosa. Dal punto di vista botanico, l'unica differenza è il tipo di rivestimento.
I semi dei frutti sono avvolti dalla polpa, mentre quelli dei legumi (fagioli e lenticchie, per esempio) sono protetti da un guscio, sono cioè frutti "secchi".
In cucina. Ma la vera distinzione è di tipo gastronomico. I legumi sono considerati verdura, mentre i frutti zuccherini vengono serviti come frutta.

Che cosa sono le luffe?

Frutti di luffa (*Luffa cylindrica*) nel Mato Grosso (Brasile).

Sono piante della famiglia delle Cucurbitacee, simili alle zucchine e diffuse nelle regioni tropicali e subtropicali asiatiche e americane. Il loro frutto può essere cotto e mangiato.
Plasticose. Negli ultimi anni, si è scoperto che i frutti delle luffe hanno proprietà peculiari. Al loro interno si sviluppa una fibra simile a quelle sintetiche, un formidabile sostituto della plastica e di materiali impiegati per vari usi: dall'imballaggio alla costruzione di pannelli fonoassorbenti, dai filtri per oli industriali alle imbottiture di cuscini e materassi. Infine, la luffa ha trovato anche un uso "di tendenza". Ciò che rimane del suo frutto, una volta essiccato e privato della buccia, è una sorta di spugna, utilizzabile in cucina o nella cosmesi.

Perché la temperatura si abbassa quanto più si va in alto?

L'aria non è riscaldata solo dai raggi del sole, ma soprattutto dal calore immagazzinato e poi emanato dalla superficie terrestre. Questo calore in montagna si disperde più facilmente, perché l'atmosfera è meno densa e perché neve e ghiaccio riflettono i raggi del sole invece di assorbirli. Ad altitudini minori, invece, l'aria contiene più vapore acqueo, che forma una cappa che fa passare i raggi solari, ma trattiene il calore emanato dalla superficie terrestre. ❑

Freddo glaciale
Spedizione sull'Everest. A queste altitudini la temperatura può scendere di decine di gradi sotto lo zero.

Che differenza c'è tra animali e vegetali?

Le cellule vegetali e animali sono organizzate allo stesso modo: la membrana racchiude il citoplasma, i ribosomi sintetizzano le proteine, le cisterne di Golgi gli zuccheri, i mitocondri provvedono a respirazione e metabolismo, il nucleo contiene i cromosomi. Le cellule vegetali hanno in più una parete cellulare che riveste la membrana.
Legno. Mentre la pianta invecchia, la parete si impregna di lignina, che ha la proprietà di irrigidire: la cellula può morire, ma la struttura resta. I vegetali (tranne le alghe azzurre) hanno anche i cloroplasti, nei quali avviene la fotosintesi. Sono cioè capaci di nutrirsi da soli: sintetizzano le sostanze utili a partire da acqua e anidride carbonica, e usano la luce come fonte di energia. Gli animali invece si nutrono di sostanze già pronte, provenienti da piante o altri animali.

RECORD

Quali sono state le eruzioni più gravi degli ultimi anni?

Ecco la lista delle eruzioni più importanti dal 1815.

Anno	Vulcano	Paese	Vittime
1991	Cerro Hudson	Cile	0
1991	Pinatubo	Filippine	800
1982	El Chichon	Messico	2.000
1980	Mount St. Helens	Stati Uniti	57
1956	Bezymianny	Russia	0
1932	Cerro Azul	Cile	0
1912	Novarupta	Stati Uniti	2
1907	Ksuduch	Russia	0
1902	Santa Maria	Guatemala	2.000
1886	Tarawera	Nuova Zelanda	150
1883	Krakatoa	Indonesia	36.147
1875	Askja	Islanda	0
1854	Sheveluch	Russia	0
1835	Cosiguina	Nicaragua	5/10
1822	Galunggung	Indonesia	4.011
1815	Tambora	Indonesia	92.000

Un geologo esamina una fontana di lava alle Hawaii.

Perché le foglie in autunno cambiano colore?

I fattori che influenzano il colore autunnale delle foglie sono tre: la durata della notte, i pigmenti della foglia e il clima. L'aumentare delle ore di buio in autunno ha un impatto sui processi biochimici della foglia. Il suo colore verde, infatti, è dato dalla clorofilla, prodotta in presenza di luce. Quando le giornate si accorciano, la produzione di clorofilla rallenta fino a fermarsi.
Vince il giallo. A quel punto prendono il sopravvento i carotenoidi, pigmenti gialli, arancio e marroni, sempre presenti nella foglia, ma in grado di emergere solo in assenza di clorofilla.
Anche temperatura e umidità giocano un ruolo importante: un susseguirsi di giornate calde e assolate e di notti fresche, infatti, ha effetti spettacolari. Nei giorni assolati la foglia produce molti zuccheri, mentre le notti fresche impediscono agli zuccheri di uscire dalla foglia. La combinazione di luce e zuccheri stimola la produzione di pigmenti rossi, viola e cremisi, noti come antocianine.

Arcobaleno di foglie
Foglie di sommacco. La gamma dei colori mostra chiaramente le spettacolari trasformazioni cromatiche che caratterizzano l'arrivo dell'autunno.

I fiori possono dirci l'ora?

Le loro corolle, che sono dei generi e delle forme più svariate, si aprono e si chiudono in momenti diversi a seconda delle specie.

L'orologio floreale
Non sarà preciso come quelli svizzeri, ma può scandire il tempo a un ritmo più poetico.

Il naturalista svedese Carl von Linné (italianizzato in Linneo) creò nel 1730 un "orologio floreale" capace di indicare l'ora anche con il cielo coperto. La geniale invenzione di Linneo si basava sulla selezione di 24 fiori diversi che si aprono o si richiudono a determinate ore della giornata: basta assegnare un fiore a ogni ora e il gioco è fatto. Si tratta di una composizione floreale che varia, naturalmente, a seconda della latitudine e del clima, ma che può essere realizzata quasi ovunque. I fiori che conosciamo tutti, quelli dotati di petali colorati e appariscenti, si possono dividere in due grandi classi secondo la loro simmetria. Quelli evolutivamente più antichi hanno una simmetria raggiata, come i fiori di rosa, margherita, tulipano ecc. Essi possono essere divisi in due parti uguali secondo un numero infinito di assi di simmetria, e sono definiti actinomorfi. Altri, come quelli delle orchidee o delle bocche di leone, chiamati zigomorfi, hanno una simmetria bilaterale, e quindi possono essere divisi in due parti uguali solo se "tagliati" secondo un unico asse di simmetria. ❑

Per rifarlo in giardino
Quello che vi proponiamo qui si basa su una scelta di fiori di campo, di serra e ornamentali.

Fino a che profondità c'è vita sotto terra?

La fauna sotterranea si può dividere in cavernicola ed endogena. I cavernicoli sono quelli che scavano gallerie e rimescolano il suolo: vermi, insetti, roditori... Di questi, chi va più a fondo sono i lombrichi, rintracciabili anche a 10 metri di profondità. Gli endogeni comprendono i coleotteri (600 metri), i diplopodi (il *Serradium* arriva a 700 metri) e i ditteri (8-900 metri). A centinaia di metri nel sottosuolo, poi, si possono trovare anche falde acquifere dove vive la "fauna interstiziale", composta da nematodi, copepodi e particolari crostacei.

Batteri. Ma il record lo detengono i batteri, le cui tracce sono state trovate a 9 km di profondità a Windischeschenbach (Germania). ❑

Un brulicare di vita segreta

In questa sezione di terreno sono visibili alcuni degli esemplari più noti della fauna sotterranea (in alto a sinistra è disegnato un chiodo come termine di paragone per le dimensioni):

1. Lombrichi;
2. Talpa;
3. Toporagno;
4. Scarabeo;
5. Formiche;
6. Citello;
7. Acari, collemboli e nematodi;
8. Funghi e batteri.

Esistono zone aride nel mare?

Ci sono certamente zone nell'oceano dove non piove mai, e sono conseguenza del modo in cui circola l'atmosfera terrestre.

Cintura. In ogni emisfero c'è una zona, compresa tra i 20° e i 40° di latitudine, nota come "cintura di alta pressione subtropicale". In generale, questa fascia comprende vaste aree caratterizzate da venti deboli e precipitazioni scarse. Ciò significa che le zone attraversate dalla fascia presentano un clima arido, sia che si tratti di terra che di mare. La maggior parte dei deserti si trova entro questa fascia: il Sahara, il Kalahari, i deserti degli Stati Uniti sudoccidentali, l'Atacama in Cile e vaste aree dell'Australia.

Come si fanno gli anelli di fumo?

Un anello di 200 metri prodotto dall'Etna.

Ogni tanto i vulcani riescono in questa "impresa". I loro anelli, tuttavia, non sono composti di fumo ma di vapore e gas. Il fenomeno è piuttosto raro e la sua origine non è del tutto chiara: l'ipotesi più probabile è che gli anelli si formino in seguito alla rapida emissione intermittente di vapore e gas attraverso strette aperture nel vulcano. Un sistema simile a quello di alcuni fumatori, che riescono a produrli aprendo e chiudendo la bocca "a pesce".

Botswana, deserto del Kalahari: baobab al tramonto. O all'alba?

Si può distinguere l'alba dal tramonto?

A colpo d'occhio, la luce dell'alba è più "fredda", più azzurrina di quella della sera, che è più calda e avvolgente.
Ma il motivo qual è? Al sorgere del Sole, il progressivo riscaldamento dell'aria induce moti convettivi (cioè rimescolamenti) tra gli strati bassi dell'atmosfera, che aumentano il contenuto di polveri, sia di origine naturale sia prodotte dall'attività umana.

Azzurro deviato. Queste tendono a deviare (e quindi a eliminare dalla linea di vista) principalmente la componente azzurra della luce solare, lasciando quella rossa; questo effetto si somma a quello analogo prodotto dalle molecole dell'atmosfera (che avviene però anche all'alba) intensificando la tonalità rossa del tramonto.

Ombre diverse. Inoltre la maggior quantità di luce diffusa a opera delle polveri fa sì che le ombre della sera siano meno nette e contrastate di quelle del mattino.

È VERO CHE...

... la Luna può produrre arcobaleni?

Sì, e il principio è lo stesso dell'arcobaleno solare. L'unica differenza è che la luce della Luna è più tenue di quella solare (la Luna riflette il 7% dei raggi solari) e meno ricca di colori. E quindi gli arcobaleni lunari sono rari e scialbi.

Un fulmine colpisce un albero.

... ci sono alberi colpiti più spesso dai fulmini?

Sembra che ciò avvenga per le specie di alberi più alte o per quelle più umide (per via della presenza di muschio o perché trattengono più a lungo l'acqua), che condurrebbero più facilmente l'elettricità. Mancano tuttavia studi conclusivi.

Le sementi sono colorate per studiarle meglio.

... un seme può germogliare anche dopo 1.000 anni?

Non si sa per quanto tempo un seme possa sopravvivere sotto terra, in attesa che umidità e temperatura siano ideali per germogliare. Il record appartiene però a un seme di una palma da datteri, rinvenuto nel deserto del Negev (Israele) e germogliato dopo 2 mila anni.

Addio tosaerba
L'erba di altezza fissa sarà presto una realtà?

Esiste un'erba che non cresce?

Agendo su un gene che controlla il ritmo con cui crescono le piante, in un futuro non molto lontano potrebbe essere possibile produrre prati che non hanno bisogno di essere tagliati.

Ancora no, ma forse esisterà in un prossimo futuro. Un gruppo di ricercatori dell'Università di San Diego (Stati Uniti) ha infatti scoperto che il gene detto Bas-1 sembra in grado di controllare il ritmo di crescita dei vegetali. L'attivazione di questo gene blocca la produzione di un importante ormone della crescita (lo steroide brassinolide) e quindi lo sviluppo della pianta. Manipolare il gene Bas-1 permetterebbe di creare piante "nane" di tutti i tipi, per il resto assolutamente uguali a quelle naturali.

E anche prati la cui erba, di altezza praticamente fissa, non richiederebbe la periodica falciatura. ❑

Perché di solito quando nevica non ci sono fulmini?

Perché le nubi che danno luogo a precipitazioni nevose (altostrati e nembostrati) non si caricano elettricamente, a causa dell'assenza di forti correnti ascensionali. I fulmini, infatti, si generano a partire dai cumulonembi, nubi temporalesche che arrivano a 10-15 km d'altezza. Questi si caricano positivamente nella parte superiore e negativamente nella parte rivolta verso il suolo, il quale a sua volta si carica di segno opposto (positivamente) per induzione. La differenza di potenziale elettrico tra nube e suolo causa il fulmine.
Eccezione. I temporali primaverili sulla terraferma, tuttavia, avvengono in genere all'interno di masse d'aria ancora abbastanza fredde, cosicché le precipitazioni dal cumulonembo possono essere talvolta nevose, ma nondimeno accompagnate da tuoni e fulmini.

GEOLOGIA

Perché i laghi non filtrano nel sottosuolo?

L'acqua, a causa della forza di gravità, tende a penetrare nel sottosuolo, a meno che non incontri uno strato di materiale impermeabile (un letto di rocce basaltiche, di argilla o di ardesia). Se però il fondo del lago, o le sue "pareti", non sono del tutto impermeabili, col tempo lasciano filtrare l'acqua. Si forma allora una falda, l'insieme delle acque sotterranee che impregnano una roccia porosa.
Se il livello della falda è superiore o uguale a quello del lago, si crea un equilibrio e quest'ultimo mantiene il proprio livello.
Effimeri. Ma se la falda si trova sotto il pelo dell'acqua, il lago si abbassa e può anche scomparire, come fanno i laghi "fantasma" (o laghi effimeri), che si dissolvono e riappaiono stagionalmente secondo il livello della falda.

A mollo in un laghetto dell'Australia.

Un seme in mare
Una noce di cocco alla deriva nell'oceano Indiano.

Può crescere una pianta da una noce di cocco?

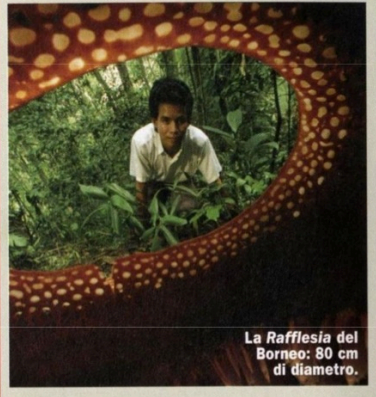
No. La noce di cocco che arriva usualmente sul mercato è decorticata, ossia privata della sua parte esterna: quest'ultima, verde e fibrosa, ricopre il nocciolo (la parte commerciale, appunto) e ha un volume circa doppio rispetto a quello della noce come la vediamo sulle nostre tavole.
Tutto il frutto. Dentro la noce c'è il seme e questo perde il suo vigore germinativo quando si decortica il frutto. Quando si vuole ottenere una nuova palma da cocco con un certo margine di sicurezza, perciò, occorre seminare (o anche solo appoggiare sulla terra) il frutto intero, coricato orizzontalmente. ❑

RECORD

Qual è la pianta più rara?

Fino al 1994 si pensava che l'araucariacea della specie *Wollemia nobilis* fosse estinta da 200 milioni di anni. Poi, nel Nuovo Galles del Sud (Australia), un guardaparco scoprì 38 esemplari di questa pianta in una gola delle Blue Mountains. Alti fino a 40 m, sono gli unici rappresentanti di questa specie sulla Terra. Per proteggerli, la loro ubicazione è segreta e gli intrusi sono puniti severamente.

Felce arborea: era il cibo dei dinosauri.



La *Rafflesia* del Borneo: 80 cm di diametro.

Qual è il fiore più grande del mondo?

L'*Amorphophallus titanum*, detto fiore cadavere o aro titano, è alto 3 m, pesa 75 kg e cresce alla velocità di 10 cm al giorno. A maturazione, la campana si colora di rosso e il pistillo assume la forma di un enorme pene (da cui il nome scientifico). Il suo odore nauseabondo, un misto tra carne in decomposizione ed escrementi, serve ad attirare gli insetti impollinatori. Lo scoprì nel 1878 il botanico Odoardo Beccari.

Quale pianta ha il seme più grande?

La *Lodoicea maldivica*, una palma ad alto fusto delle isole Seicelle, produce un seme lungo fino a 30 cm che pesa circa 20 chilogrammi. Il frutto (nella foto) somiglia a un'enorme noce a due lobi, con un guscio che ricorda la forma delle natiche e viene venduto come souvenir ai turisti.

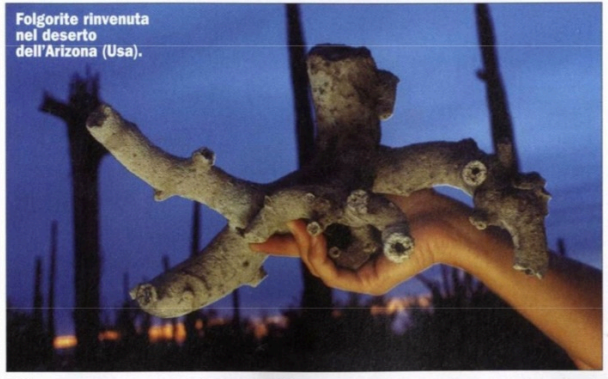
Quanto può essere grande una foglia?

Foglie giganti di *Gunnera* del Brasile.

Grazie al fatto di essere sostenute dall'acqua, le foglie della *Victoria regia* (una ninfea gigante che vive nel bacino del Rio delle Amazzoni) superano i 2 m di diametro e possono reggere un bambino. Tra le piante terrestri, invece, il primato spetta a una palma che vive in Brasile e in Africa orientale: la *Raphia farinifera*, le cui foglie superano i 20 m di lunghezza. Per sostenere il proprio peso, la foglia ha al suo interno tessuti che la rendono più resistente e rigida.

Qual è la pianta più longeva?

Il pino a pigne setolose (*Pinus longaeva*) arriva sicuramente a superare i 4.000 anni. Contando gli anelli del tronco, si è calcolato che un individuo abbia 4.767 anni. La specie abita le montagne più impervie e selvagge degli Stati Uniti occidentali, dal Colorado alla California.



Folgorite rinvenuta nel deserto dell'Arizona (Usa).

Che cosa sono le folgoriti?

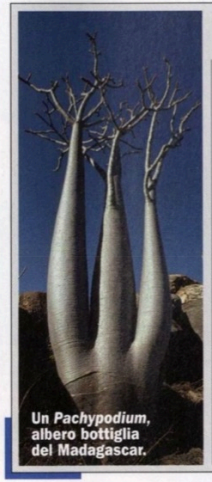
Si tratta di sabbia vetrificata o, più tecnicamente, di minerali di silice vetrosa. Hanno aspetto tubolare, contorto e ramificato, con un diametro che va da 1 a diversi centimetri. Si formano nei deserti, per effetto dei fulmini che si scaricano al suolo e che, con il loro calore (diverse migliaia di gradi), causano la fusione e l'aggregazione dei granuli di quarzo della sabbia. Le folgoriti possono essere lunghe anche diversi metri. Simili alle folgoriti, le trinititi sono formate da sabbia che si è fusa in seguito allo scoppio della prima bomba atomica sperimentale, nel deserto del New Mexico (Stati Uniti) il 16 luglio 1945. Appena formate erano altamente radioattive.

Perché spesso dentro le arance c'è un piccolo arancino?

Alcune varietà di arancio producono frutti doppi in cui, all'interno del frutto principale, è contenuto un secondo arancino, che sporge all'estremità superiore. Succede perché i loro fiori formano due ovari, le strutture in cui sono presenti le uova da fecondare, da cui si sviluppa il frutto.
Ombelico. Queste varietà sono chiamate arance "navel" (che in inglese significa ombelico) e oggi sono molto diffuse perché non contengono semi.
In queste arance anomale l'apparato riproduttore maschile produce polline non funzionale e, per questo, le arance di questi ceppi, come la "Washington navel", non hanno semi e i coltivatori le moltiplicano per innesto.

Quante varietà di banane esistono?

Le banane appartengono alla famiglia delle Musacee che raggruppa una cinquantina di specie, la maggior parte delle quali sono piante ornamentali. Quelle commestibili sono principalmente 3: *Musa sapientum*, *Musa acuminata* e *Musa paradisiaca*. Le prime 2 sono più dolci e si mangiano crude. La terza, ricca d'amido, viene cucinata o essiccata per farne farina. Le varietà ottenute dai coltivatori sono però centinaia, e non se ne conosce il numero preciso. Gli usi di questa pianta, originaria dell'Asia, sono molteplici. Infatti il banano è anche una risorsa di fibre che servono per fabbricare corde, tessuti e carta. In Tanzania e in altri Paesi africani dalla pianta si ricavano anche birra e liquori.



Un *Pachypodium*, albero bottiglia del Madagascar.

Che cosa sono gli alberi bottiglia?

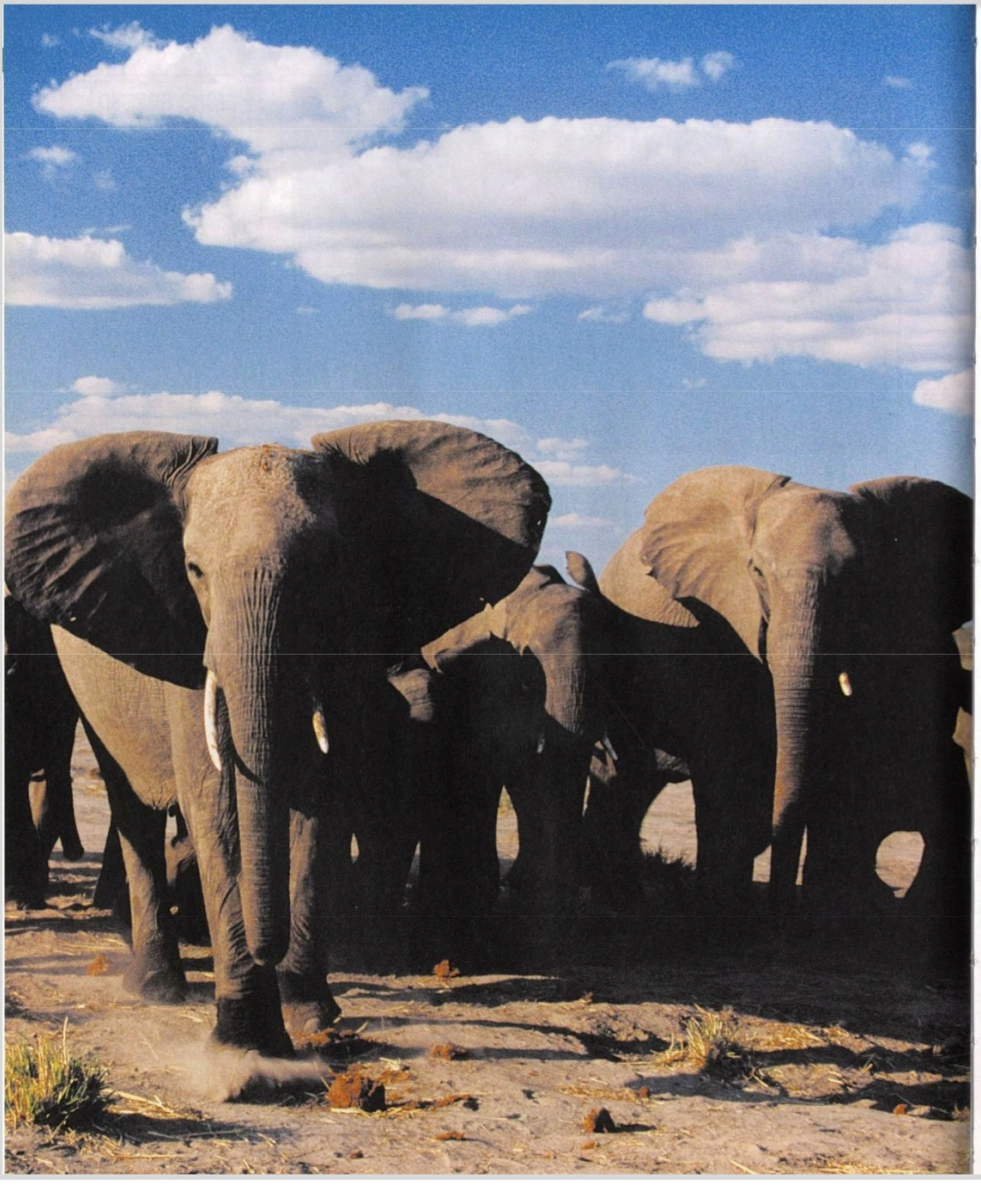
Con il nome di "albero bottiglia" si indicano piante che appartengono ad almeno due generi. Uno, *Brachychiton*, è australiano, l'altro, *Pachypodium*, vive in Madagascar.
Il primo può arrivare anche a 18 metri di altezza e si coltiva anche in altre regioni calde come pianta ornamentale. Il *Pachypodium* invece arriva al massimo a 6 metri. Entrambi sono caratterizzati da un tronco molto spesso a forma di bottiglia, da cui prendono il nome.

E gli alberi piovra?

L'albero piovra è anch'esso una pianta malgascia.
Il nome raggruppa oltre 10 specie che appartengono alla famiglia delle Didiereaceae. Hanno un tronco corto con rami snelli e contorti, che assomigliano ai tentacoli di un polpo.

E gli alberi di Giosuè?

L'albero di Giosuè non è altro che una yucca (*Yucca brevifolia*), che vive nella California meridionale, nel Nevada, in Utah e in Arizona (Usa) e supera gli 8 metri di altezza. Sono stati i mormoni, che sono arrivati nella zona alla fine del XIX secolo, a battezzare la yucca col nome di "albero di Giosuè", ma il motivo è sconosciuto.



PARTE SECONDA

A N I M A L I

Dai microscopici insetti agli elefanti, dai serpenti ai capodogli, il mondo animale presenta una varietà di forme e di comportamenti stupefacenti, che è di fondamentale importanza salvaguardare, per la stessa sopravvivenza della specie umana. La scienza è riuscita a svelare molti dei segreti degli animali, a partire dalla nascita e dall'evoluzione della vita sulla Terra, ma ha anche dato, grazie all'etologia, una risposta a quesiti più curiosi, a volte paradossali e spesso divertenti. Nelle prossime pagine una nutrita serie di domande e risposte per soddisfare ogni possibile curiosità sugli animali più vicini a noi (cani, gatti & Co.) e su quelli meno noti (che cos'è il tarsio?).

COS'È LA BIODIVERSITÀ?

Non basta dire che è la varietà della vita. Esistono vari tipi di biodiversità. Alcuni ecosistemi sono più ricchi di specie di altri. E alcune specie sono più abili nell'adattarsi ai cambiamenti ambientali.

EVOLUZIONE: QUALI SONO I SUOI MECCANISMI?

La teoria dell'evoluzione di Charles Darwin ha 150 anni. E non ha mai avuto tanto successo come oggi. Viene usata per spiegare la storia della vita sulla Terra, è stata rivalutata dalla Chiesa, dà risposta a innumerevoli perché. Ma che cosa è e come funziona l'evoluzione?

CHE COS'È L'ETOLOGIA?

È una scienza giovane: ha solo settant'anni. In questo periodo, però, ci ha permesso di ribaltare le convinzioni che avevamo sugli animali. Si è scoperto per esempio che, oltre ad agire per istinto o per "imprinting" (l'apprendimento precoce), molte bestie sono in grado di ragionare, scegliere ed esprimere giudizi.

Che cos'è la biodiversità?

Dire che la biodiversità è la varietà della vita non basta. Esistono vari tipi di biodiversità. Alcuni ecosistemi sono più ricchi di specie di altri. E alcune specie sono più abili nell'adattarsi ai cambiamenti ambientali.

Il nostro pianeta è popolato da un'enorme quantità di esseri diversi. Il termine più usato per indicare questo esercito di organismi, che occupano ogni angolo della Terra e si sono adattati a vivere sfruttando tutte le risorse disponibili, è biodiversità, o diversità biologica. Ci sono tre tipi di biodiversità. La biodiversità genetica, la biodiversità di specie, la biodiversità degli ambienti.

Caratteristiche inconfondibili

La biodiversità genetica è, in pratica, quella che rende un essere umano diverso dal proprio fratello nonostante siano entrambi il risultato dell'unione del patrimonio genetico della stessa madre e dello stesso padre. L'intera popolazione umana è formata da individui diversi solo perché hanno alleli, cioè varianti dello stesso gene, diversi. Quando si parla di biodiversità, però, si intende comunemente la biodiversità di specie (la categoria che raggruppa tutti gli organismi geneticamente omogenei e che si possono accoppiare tra loro). Un uomo e uno scimpanzé, infatti, hanno il 98 per cento dei geni in comune, eppure hanno caratteristiche che li rendono non confondibili l'uno con l'altro.

Per tutti i gusti
Un ricercatore esamina le varietà di insetti di una foresta.

Il volto della natura
Un volto animale creato assemblando foto di petali di fiori. È una immagine simbolo della ricchezza della natura.

Serbatoio di vita
Una foresta americana. Le foreste sono gli ambienti con maggior varietà di organismi.

Insetti e miriapodi 963.000	Platelminti (tenie e planarie) 20.000
Piante 270.000	Anellidi (lombrichi) 15.000
Funghi e licheni 100.000	Rettili e anfibi 10.500
Protozoi 80.000	Spugne 10.000
Aracnidi (ragni e scorpioni) 75.000	Cnidari (meduse e anemoni) 10.000
Molluschi 70.000	Uccelli 10.000
Crostacei 40.000	Mammiferi 4.500
Nematodi 25.000	Batteri 4.000
Pesci 22.000	Altri 10.000

Tutte le varietà
Sopra, il numero di specie già classificate dall'uomo divise per gruppi tassonomici.

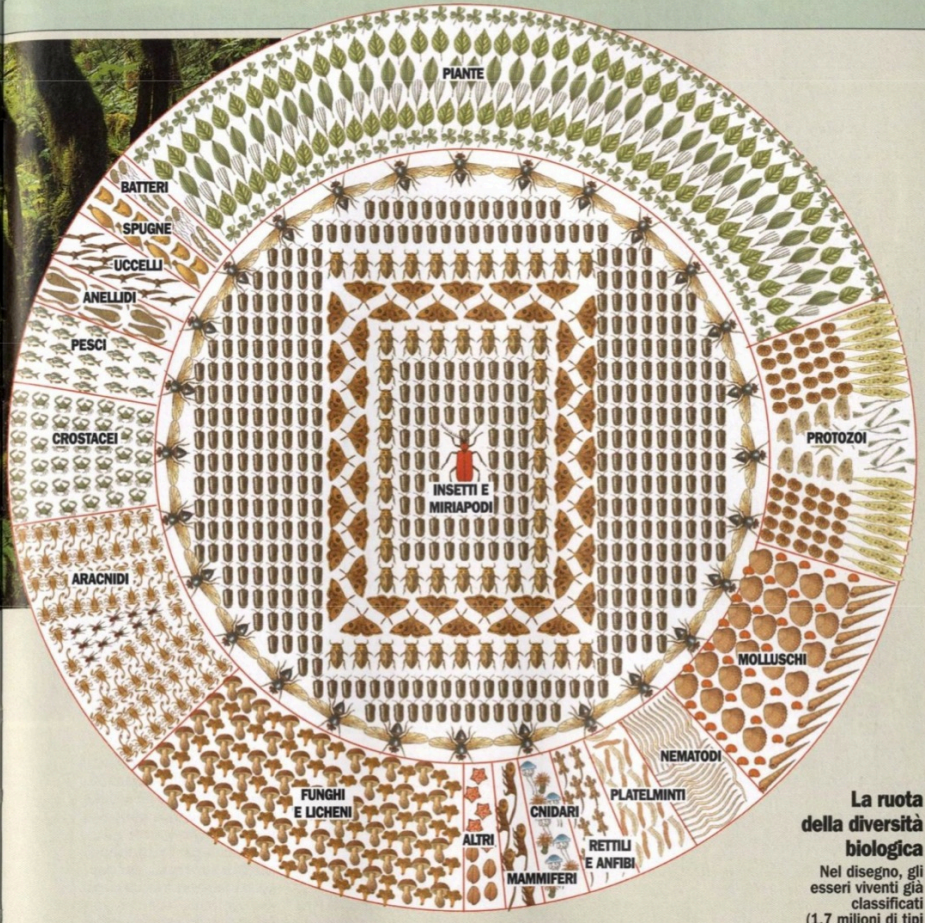
Microambienti ed ecosistemi

Quanti sono gli organismi diversi che abitano il nostro pianeta? Secondo le stime più basse le specie ammontano a cinque milioni. Ma alcuni scienziati optano per cifre più alte: le specie esistenti sarebbero 100 milioni. Il conteggio esatto è difficile. La popolazione terrestre più consistente è infatti costituita da organismi piccoli, e quindi più difficili da individuare. Di batteri per esempio se ne conoscono 4 mila tipi (*v. disegno nella pagina a fianco*), ma sono probabilmente oltre 3 milioni quelli esistenti. Finora gli scienziati hanno catalogato, e conservato nei musei, solo 1,7 milioni di specie. Se la natura fosse un supermercato, sugli scaffali avremmo a disposizione, a seconda di come viene valutata la quantità di specie non ancora conosciute, solo il 34% o quasi il 2% di tutta la merce disponibile.

Come mai le forme di vita che abitano la Terra sono così tante? In pratica, perché c'è la biodiversità? Perché in 4 miliardi di anni, da quando è apparsa la vita, non si è stabilizzato un numero ridotto di forme, perfettamente adattate all'ambiente in cui vivono? Innanzitutto perché l'ambiente non è unico. È a sua volta formato da microambienti che sono in costante cambiamento. La vita sulla Terra è organizzata così: ogni organismo, esattamente come capita per i computer collegati a una rete, fa parte di una comunità di altri esseri viventi, che insieme formano un ambiente. Ci sono microambienti, per esempio il ramo di un albero di mogano, e grandi ecosistemi, per esempio la foresta tropicale dove il mogano cresce. E ciò che accade sul ramo influenza la foresta.

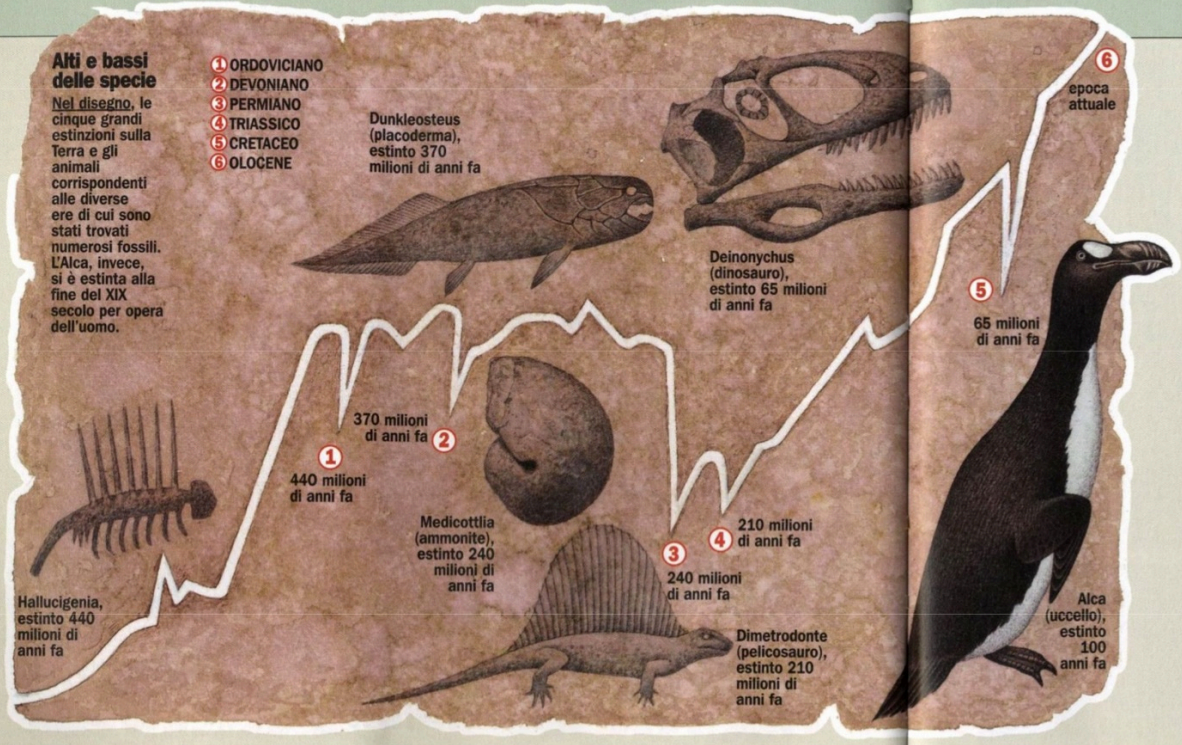
Gli ambienti non sono tutti uguali. Alcuni sono più ricchi di biodiversità, altri meno.

Sopra, un camaleonte delle Seicelle. A destra, due lemuri del Madagascar. Entrambi si trovano solo in queste isole.



La ruota della diversità biologica
Nel disegno, gli esseri viventi già classificati (1,7 milioni di tipi diversi) in proporzione alla loro distribuzione sulla Terra. Insetti e miriapodi sono di gran lunga il gruppo che conta la più alta varietà di specie.

Le foreste tropicali coprono appena il 7% della Terra. Eppure contengono oltre la metà delle specie esistenti. In compenso in un campo della pianura Padana delle dimensioni di un ettaro troviamo migliaia di piante di mais tutte uguali. La più alta diversità biologica infatti si trova in genere negli ambienti non ancora sfruttati dall'uomo: oltre alle foreste tropicali le barriere coralline e le paludi. Fanno eccezione gli ambienti estremi: ghiacciai, vette dei monti, deserti. A che cosa serve dunque la biodiversità? È, in sostanza, una polizza di assicurazione per la vita: più alta è la variabilità degli organismi, più alta è la loro capacità di adattarsi e di sfruttare l'energia disponibile. ❑



Che cos'è un'estinzione?

Dopo cinque estinzioni di massa naturali, il numero delle specie si sta oggi velocemente riducendo per colpa dell'uomo: ogni anno spariscono 26 mila tipi di organismi animali e vegetali.

Le estinzioni, nella storia della Terra, sono un fenomeno comune. Ci sono estinzioni di base ed estinzioni di massa. Le prime si verificano di continuo, sono limitate a poche specie e avvengono in aree geografiche ristrette.

Le estinzioni di massa, invece, sono delle vere e proprie stragi: in poco tempo scompaiono la maggior parte delle famiglie.

La prima grande estinzione di massa

La prima grande estinzione di massa documentata dai reperti fossili risale alla fine del periodo Ordoviciano, vale a dire 440 milioni di anni fa. In realtà altre due catastrofi avevano rimescolato la fauna in precedenza: una alla fine del periodo Precambriano, 650 milioni di anni fa, durante la quale scomparvero soprattutto alghe unicellulari, e l'altra alla fine del periodo Cambriano, 500 milioni di anni fa, quando i trilobiti, gli animali allora più diffusi, subirono un deciso ridimensionamento.

Nel periodo Ordoviciano i trilobiti superstiti, che sopportavano bene le acque fredde, ricolonizzarono gli ambienti lasciati vuoti dai trilobiti estinti. Poi però ci fu la catastrofe dell'Ordoviciano: si estinse il 25 per cento degli organismi.

La vita poi si espanse nuovamente fino alla fine del periodo Devoniano, 370 milioni di anni fa. Arrivarono le ammoniti (cefalopodi con conchiglia esterna simile a quella del Nautilus attuale) e i placodermi, pesci dotati di mascelle che invasero gli ambienti marini con forme che raggiungevano anche i 10 metri di lunghezza.

Nei mari sparirono 9 specie su 10

Alla fine del periodo, di nuovo la diversità biologica diminuì drasticamente in seguito a un raffreddamento del clima e si estinse il 20 per cento degli organismi.

MEZZO SECOLO DI IMPEGNI

Le più importanti convenzioni tra gli Stati per proteggere specie ed ecosistemi.

1946: convenzione per la regolamentazione della caccia alla balena.
1971: per la protezione delle zone umide.
1972: per la protezione delle risorse naturali.
1973: per le specie minacciate di estinzione.
1979: per la conservazione degli ambienti naturali europei.
1979: per la conservazione degli uccelli migratori.
1980: per la conservazione di risorse marine antartiche.
1983: accordo internazionale sul legname.
1985: piano d'azione per le foreste tropicali.
1992: agenda 21, convenzione per l'ambiente.
1992: convenzione per la biodiversità.

Protette per legge
Tartarughe delle Galápagos. Non si sono estinte solo perché vivono in una zona protetta.

RESUSCITATO
Un quagga, parente della zebra. Era estinto, ma è stato "riportato in vita" con incroci tra i suoi parenti più prossimi.

IN ESTINZIONE
Un gufo grigio americano col suo piccolo. È in pericolo perché gli alberi sui quali nidifica vengono tagliati per il legname.

ESTINTO
Il modello di un mammut. Questo grande animale si è estinto un milione di anni fa (alla fine del Pleistocene). Fu vittima di una glaciazione e della caccia a opera dei primi uomini.

Durante il Carbonifero e il Permiano, terapsidi (antenati dei dinosauri) e pelicosauri dominarono le terre emerse grazie al loro perfezionato sistema di locomozione e di nutrizione e al sangue caldo.

Al limite tra era Paleozoica e Mesozoica, circa 240 milioni di anni fa, ci fu però la più imponente tra le estinzioni della storia della Terra: più del 60 per cento delle famiglie presenti precedentemente sparì. Nei mari scomparvero addirittura circa 9 specie su 10. I dinosauri presero il posto dei terapsidi e assistettero, alla fine del periodo Triassico, a una nuova crisi che interessò circa il 25 per cento degli organismi. I dinosauri diventarono così gli animali dominanti. Ma circa 65 milioni di anni fa, alla fine del Cretaceo (tra Mesozoico e Cenozoico), si estinsero. E con loro il 38% degli organismi marini e il 40% di quelli terrestri andò perduto.

È in corso la sesta estinzione

Secondo molti scienziati, entro i prossimi 100 anni oltre la metà delle piante e degli animali potrebbe estinguersi. In un anno la biodiversità, la varietà degli esseri viventi, si riduce di almeno 26 mila tipi di organismi. La scomparsa sta procedendo a un ritmo serrato e si teme che il naturale processo di ricostituzione della biodiversità, che ha seguito anche le altre estinzioni, non abbia il tempo sufficiente per permettere agli organismi di diversificarsi e occupare le nicchie lasciate vuote. Dopo le altre cinque grandi estinzioni invece c'è stato un rimescolamento, un riadattamento e infine una nuova esplosione di specie. Si è trattato dunque di un processo naturale, fondamentale per l'evoluzione e la creazione di biodiversità. ❑

A RISCHIO
Una pantera della Florida. L'espansione urbana le sta sottraendo i territori di cui ha bisogno per cacciare.

A causa del grave inquinamento le barriere coralline si stanno riducendo in tutto il mondo.

Una coppia di capodogli nel mare di Cortéz. In acqua vivono 114 specie di mammiferi.

Il serbatoio blu della vita. In pericolo?

Nelle acque vivono meno specie che sulla Terra, ma sono più adattabili ai cambiamenti ambientali. Qui, infatti, l'evoluzione è partita prima.

Nei mari l'evoluzione ha avuto 2,7 miliardi di anni in più per agire (le prime creature terrestri sono comparse "solo" 800 milioni di anni fa, il primo organismo marino invece 3,5 miliardi).

Gli oceani sono il secondo grande serbatoio di biodiversità sulla Terra dopo le foreste tropicali. Alcuni biologi addirittura stimano che sul fondo marino vivano 10 milioni di specie ancora sconosciute. Per ora, comunque, negli oceani sono state individuate 178 mila specie, tra le quali 12.350 pesci, 114 mammiferi e 58 rettili distribuiti in una ventina di ambienti diversi (dalla foresta costiera di mangrovie agli abissi, dalla "giungla" sottomarina formata dall'alga kelp agli atolli). Poche rispetto agli oltre 1,6 milioni di specie terrestri, ma analisi genetiche fatte su numerosi organismi marini hanno dimostrato che il patrimonio genetico di molte specie è più ricco di alleli (varianti dello stesso gene) rispetto a quello dei "parenti" che vivono sul terreno. È come se, per esempio, il lamantino avesse a disposizione più "carte da giocare" del suo cugino elefante. Secondo alcuni biologi, ciò rende le creature marine più adattabili e flessibili ai cambiamenti ambientali rispetto a molti organismi terrestri.

Ricco patrimonio genetico

La varietà di forme, colori, adattamenti (in definitiva: la ricchezza del patrimonio genetico marino) è stupefacente. Basta osservare 50 cm^2 di scogliera corallina per individuare fino a 200 organismi diversi (senza considerare quelli invisibili a occhio nudo): pesci chirurgo, balestra e palla che si nutrono delle alghe più grandi, blemmidi e gobidi che brucano la patina verdastra che copre la roccia, pesci pappagallo che si cibano delle microscopiche alghe simbionti dei coralli e dividono la loro mensa con pesci farfalla e pesci lima. Molti invertebrati si nutrono l'uno dell'altro, come il gambero mantide, capace di sventrare un granchio in pochi secondi. Razze e pesci imperatore vanno a caccia di stelle marine e lumache vici-

no al fondo. Intanto i pesci luna inghiottono spugne, gorgonie e coralli urticanti. Niente va sprecato: gli organismi morti sono divorati da aragoste e granchi, i detriti e perfino le deiezioni nutrono vermi e oloturie. E tutto questo in 50 centimetri quadrati.

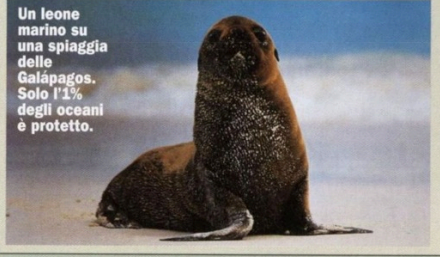
L'importanza della pesca in mare

Una diversità genetica cui l'uomo attinge da sempre a piene mani: la sopravvivenza di almeno 100 milioni di persone nei Paesi in via di sviluppo è legata alla pesca. L'uomo preleva dal mare circa 90 milioni di tonnellate l'anno di pesce e molluschi, oltre a quattro milioni di tonnellate di alghe. E si stima che la richiesta mondiale di pesce supererà la capacità produttiva del mare di ben 20 milioni di tonnellate tra pochi anni. Specie come il merluzzo, il gado, le aragoste e i gamberi sono state troppo impoverite. Solo calamari e polpi potrebbero essere sfruttati di più. Per questo la Fao sta finanziando in Asia e Africa lo sviluppo dell'acquacoltura, che ora fornisce circa 13 milioni di tonnellate di pesce. Oltre alla pesca e all'inquinamento dato da scarichi industriali e dall'uso dei fertilizzanti chimici, minacciano la biodiversità marina il disboscamento delle mangrovie (dove si riproducono molti pesci tropicali) e la distruzione delle barriere coralline.

Le aree marine sono poco protette

La soluzione? Regolare la pesca e proteggere le zone marine più ricche di vita. Oggi nel mondo le aree marine protette sono circa 1400, ma tutelano in tutto una superficie inferiore all'1% degli oceani, mentre le aree terrestri protette sono il 6%. ❑

Due pesci pagliaccio nuotano in una scogliera corallina, che ospita moltissime forme di vita.



Un leone marino su una spiaggia delle Galápagos. Solo l'1% degli oceani è protetto.

RÉCEPTION

La biodiversità si sta riducendo?

Si diffondono le stesse specie di piante e animali. Così si riduce la biodiversità creata dagli agricoltori in 12 mila anni di storia.

Gli esperti la chiamano "McDonaldizzazione della biosfera": in tutto il mondo si stanno diffondendo piante e animali identici, proprio come in tutte le città spuntano i fast food che offrono ovunque lo stesso menu. I panini e le bibite del mondo naturale si chiamano lantana e robinia (un arbusto e un albero entrambi di origine americana), ratto e passero. Partono dalle aree più antropizzate, e cioè legate alle attività umane, poi invadono tutti gli ecosistemi, diventano gli organismi dominanti e in poco tempo riducono a zero la biodiversità.

La causa? L'omogeneizzazione dell'agricoltura. La McDonaldizzazione infatti parte dai campi e dalle stalle. In Bangladesh e negli Stati Uniti si coltivano varietà identiche di mais e soia e si allevano ceppi genetici standardizzati di mucche frisone e maiali siluro. Si tratta di vegetali e animali che sono stati messi a punto dalle grandi compagnie internazionali e assicurano raccolti e rese decisamente superiori a quelli delle varietà tradizionali, che vengono quindi abbandonate. Così però si perde la biodiversità agricola, vale a dire le migliaia di piante coltivate e razze animali che i contadini di tutto il mondo hanno da sempre utilizzato.

Selezione fatta dall'uomo

Le varietà locali sono il risultato di tre miliardi di anni di evoluzione biologica naturale ai quali vanno aggiunti 12 mila anni, da quando è nata l'agricoltura, di selezione continua effettuata dall'uomo. I nostri antenati agricoltori, ma anche i loro discendenti attuali, hanno infatti modificato le piante e gli animali selvatici per avere cibo, vestiti e medicine.

Sono partiti dalle piante selvatiche, o dagli animali, localmente disponibili. Li hanno utilizzati come materia prima, vale a dire combinazioni di geni, per creare organismi "su misura". Risultato: migliaia di varietà e razze diverse. Anche in agricoltura avere un'ampia diversità genetica significa avere un'ampia disponibilità di vegetali e animali adatti alle diverse condizioni ambientali e di crescita. Facciamo un esempio: in Italia agli inizi del secolo venivano coltivate circa 250 cultivar (varietà colturali) di grano. Ce n'erano di resistenti al freddo, all'aridità e alla povertà del terreno.

Vacche: sono rimaste in poche

I nostri allevatori invece avevano a disposizione una quindicina di razze di mucche: dalla calvana, una sottovarietà della chianina, alla vacca della Pusteria.

Oggi, per quanto riguarda il grano sono disponibili in commercio solo una quindicina di varietà. Per coltivarle bisogna aiutarle, con pesticidi e concimi.

Le vacche sono invece state sostituite dalla frisona e dalla charolais. E l'agerolese, una varietà sorrentina di frisona, è stata inserita negli elenchi degli animali che sono a rischio di estinzione. ❑

Omologazione in agguato

Sopra e a destra, raccolte di semi di vecchie varietà.
A sinistra, un lemure sopra una insegna.

Mele da collezionisti

Sopra, alcune varietà di frutta in voga fino al secolo scorso. Ora vengono allevate dai collezionisti.

Nuove medicine dalle varietà?

La variabilità genetica si sta dimostrando utile in medicina. Molti principi attivi che provengono dalle ricerche su migliaia di specie vegetali, infatti, sono spesso privi di effetti secondari. Albero insetticida. I contadini indiani hanno usato per secoli i semi dell'albero di neem. Si è scoperto che contengono sostanze efficaci contro 200 specie di insetti, acari e nematodi, e contro quelli resistenti ai pesticidi. Il neem si usa contro i funghi della pelle, come antivirale e contraccettivo. Sapone vegetale. La fitolacca viene invece coltivata in Africa da secoli. Le sue bacche si usano al posto del sapone, ma uccidono anche le lumache d'acqua dolce che trasmettono lo schistosoma, un verme che si annida nella carne dell'uomo.

È in atto una nuova estinzione di massa?

Sembrerebbe di sì. Almeno stando ai calcoli dei biologi dell'Università del Tennessee (Usa), secondo i quali circa il 50 per cento della flora e della fauna sarebbe destinato all'estinzione entro i prossimi cento anni. Un'estinzione di massa che interesserebbe non soltanto piccoli animali, come anfibi e insetti, ma anche pesci, uccelli e mammiferi.

Colpa dell'uomo. Estinzioni di tale ampiezza si sono verificate solo cinque volte da quando la vita è apparsa sul nostro pianeta e, in tutti i casi, furono provocate da disastri naturali, come nel caso del meteorite che 65 milioni di anni fa cadde sulla Terra e portò alla scomparsa dei dinosauri. La sesta estinzione, invece, sarebbe in corso oggi e sarebbe colpa dell'uomo, quale conseguenza della distruzione delle foreste, dell'inquinamento delle acque e dell'alterazione dello strato protettivo di ozono che circonda la Terra.

Il museo dei cari estinti

Il mammalogo Tim Flannery mostra una collezione di mammiferi ormai estinti conservata a Sydney nell'Australian Museum.

Alcune parti della ragnatela sono senza colla. In più, il ragno ha un solvente che gli consente di liberarsi nel caso resti impigliato.

Perché la tela non incolla il ragno?

Cinque passaggi per una rete

1. Il primo filo viene teso tra due rami e raddoppiato.

2. Il ragno si cala dal "ponte" formando una Y...

3. ... al cui centro attacca i fili che formano lo scheletro.

4. Comincia poi a tessere le cornici concentriche.

5. Lascia alcuni tratti senza colla, per potersi muovere.

Più robusta dell'acciaio

Una tarantola aspetta le sue prede. La ragnatela è un miracolo di ingegneria: in termini di tensione sopportabile, i fili setosi che la costituiscono sono più robusti dell'acciaio e secondi solo al quarzo fuso.

La costruzione di una ragnatela è un miracolo di ingegneria: il ragno inizia col fissare un capo del primo filo a uno stelo, a una foglia o a un ramoscello, quindi scende al suolo, risale dal lato opposto e fissa il filo a un altro ramo, come si fa per un ponte sospeso. Tende poi il filo e lo attacca con una goccia di collante appiccicoso (v. disegno 1) secreto da una ghiandola che si trova sul suo addome.

Caduta libera. Una volta fissato il primo filo, il ragno lo raddoppia e si lascia cadere dalla metà del ponte, formando una Y il cui centro è il centro della tela (2). Prosegue poi fissando i fili più robusti, che devono sostenere la tela (3), e creando cornici concentriche all'interno dello "scheletro" originario (4). Costruendo le cornici, ricopre solo quella più esterna con una sostanza collosa prodotta da un organo specifico chiamato "ghiandola ampollare". Solo quando ha terminato la tela deposita sulle rimanenti cornici altra sostanza collosa a intervalli definiti, lasciando spazi per camminare tra una e l'altra (5).

Filo di allarme. Costruita la tela, il ragno si prepara il nido, arrotolando una foglia per sistemarvisi in attesa di prede. Infine, tesse un filo di "allarme" tra il nido e la cornice più vicina al centro della tela, in modo che, quando qualcosa vi si posa sopra, il filo vibri. A quel punto si precipita al centro della tela lungo il filo di allarme, fermandosi per analizzare quello che ha catturato. Se la preda è mangiabile, la raggiunge passando sui punti non collosi della tela. Nel caso metta una zampa su una parte collosa, può produrre una secrezione che agisce come un solvente chimico, permettendogli di liberarsi. ❑

RELAZIONI PERICOLOSE

Accoppiamento di due ricci. È senza rischi.

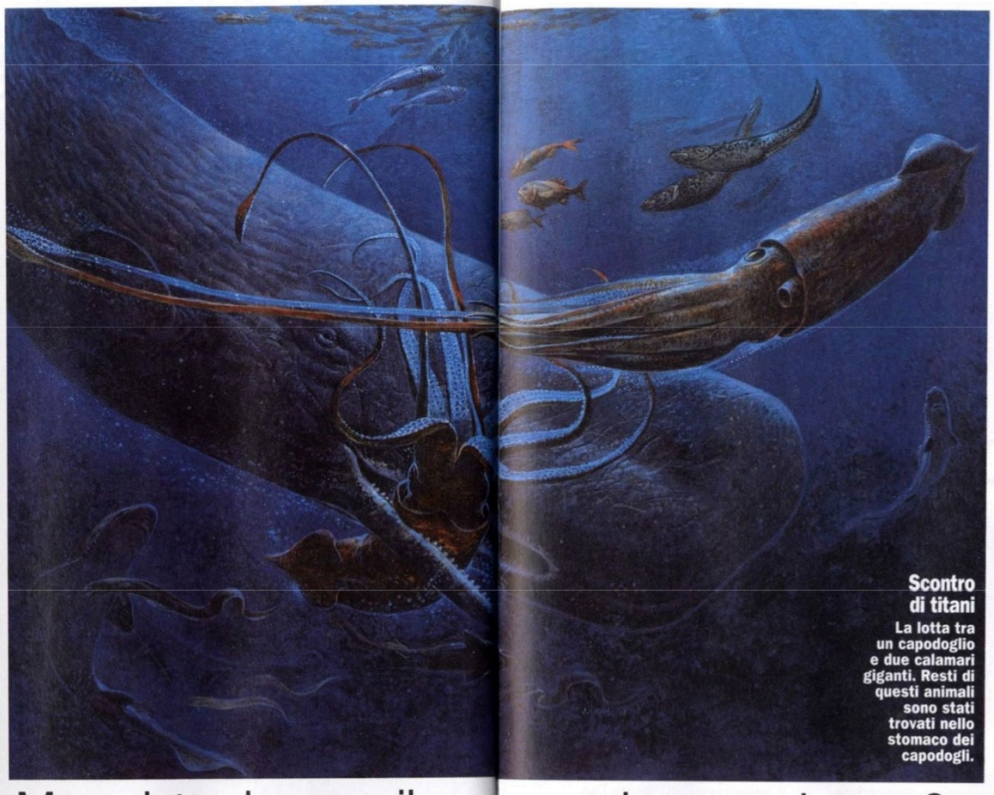
Come riescono i ricci ad accoppiarsi senza pungersi?

Il riccio è coperto da circa 5-8 mila aculei, lunghi più o meno 3 cm e spessi circa 1 mm. In condizioni normali il riccio tiene gli aculei lungo il corpo, puntati verso la coda: in questi momenti può essere tranquillamente carezzato senza che chi lo fa possa ferirsi. Durante l'accoppiamento il maschio non corre quindi alcun rischio, perché la femmina abbassa completamente gli aculei, in modo che il partner non si ferisca il ventre. Solo quando si sente in pericolo l'animale rizza gli aculei, trasformandosi in una palla puntuta: particolari muscoli di trazione fanno tendere la pelle del dorso in modo che il capo, le zampe e la coda scompaiono tra gli aculei.

Perché la lingua dei serpenti è biforcuta?

La lingua dei serpenti, ma anche quella di alcuni Sauri (come i Lacertidi: lucertole, ramarri ecc.), ha una funzione ben precisa, quella olfattiva. È, infatti, un preziosissimo sensore: indica all'organo di Jacobson, alloggiato nel palato, gli stimoli di odori e sapori, che sono poi percepiti dalle cellule sensoriali che ne formano il tessuto. È probabile (ma non è certo) che le due punte servano a moltiplicare la quantità di informazioni raccolte nell'ambiente, che sono anche di carattere tattile.

La lingua biforcuta del serpente reale.



Scontro di titani
La lotta tra un capodoglio e due calamari giganti. Resti di questi animali sono stati trovati nello stomaco dei capodogli.

Ma esiste davvero il calamaro gigante?

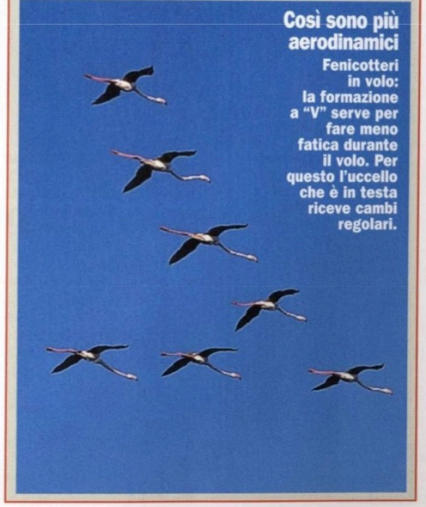
Sì, il suo nome scientifico è *Architeuthis dux* e può arrivare a misurare circa 16 metri di lunghezza totale (il record è di 22 m): il corpo raggiunge i 5 m e i tentacoli arrivano a 11. È un mollusco cefalopode relativamente raro, che vive a grandi profondità nell'oceano Atlantico e nel Pacifico. Recentemente ne sono stati recuperati quattro esemplari al largo della Nuova Zelanda. Fino al 1861, quando ne fu catturato un esemplare, il calamaro gigante era poco più di una creatura mitologica. Di lui si conoscevano soltanto le tracce che lasciava sulla pelle dei capodogli: segni circolari con un diametro di 20-25 cm, provocati dalle sue ventose dentate, che facevano fantasticare i marinai di mostri enormi.

I pescatori scandinavi lo chiamavano *kraken* e sostenevano che era capace di trascinare a fondo un'intera nave. Jules Verne, in *Ventimila leghe sotto i mari*, immaginò che abitasse nel mar dei Sargassi e potesse, coi suoi tentacoli, bloccare le eliche del sottomarino del capitano Nemo. Ancora oggi si sa molto poco su di lui.

I ritrovamenti compiuti hanno, infatti, riguardato animali morti, spesso trovati nello stomaco di capodogli, e hanno permesso di studiare solo la loro anatomia. Non ne è mai stato osservato o catturato uno vivo, né esistono riprese filmate di questa creatura. ❑

Come mai gli stormi di uccelli volano in formazione a "V"?

La formazione a "V" prevede che un uccello voli al vertice e tutti gli altri lo seguano sistemandosi in un doppio schieramento, nel quale ciascun individuo vola con una traiettoria parallela a quello che lo precede, ma leggermente spostata verso l'esterno.
Essa viene adottata sia durante brevi spostamenti, sia per i trasferimenti migratori e viene scelta per ragioni aerodinamiche. Solo così, infatti, ogni elemento dello stormo riesce a sfruttare in parte lo sforzo di penetrazione nell'aria di quelli che sono davanti a lui. L'uccello che apre la formazione fa dunque necessariamente più fatica degli altri, e per questo è previsto un cambio periodico nel ruolo di apripista.
Una "ola" animale. Per quanto riguarda poi il modo in cui gli stormi di uccelli (e i banchi di pesci) riescono a cambiare direzione tutti insieme senza scontrarsi tra loro, una volta si pensava che fosse il "capobranco" a trasmettere un segnale agli altri per coordinarne il movimento.
Con l'aiuto dei computer, unico modo per seguire il movimento di ogni membro di uno stormo, si sta cominciando a capire che questa sincronia di movimenti da parte di molti individui funziona un po' come la "ola" che fa il pubblico degli stadi: l'uccello (o il pesce) che segue imposta la propria rotta su quella di chi lo precede e, se questo devia, devia anch'esso. Ogni individuo cioè agisce per conto proprio, ma sulla base di semplici regole di comportamento, e da questo risulta un movimento di massa fluido e armonico.



Così sono più aerodinamici
Fenicotteri in volo: la formazione a "V" serve per fare meno fatica durante il volo. Per questo l'uccello che è in testa riceve cambi regolari.

Anche tra gli animali ci sono omosessuali?

Gli etologi hanno osservato comportamenti omosessuali in molte specie animali: moscerini della frutta, rospi, pesci, lucertole, cani, scimmie. Tale comportamento può avere origini molto diverse: può essere, per esempio, un'ostentazione del proprio stato sociale (chi predomina assume un comportamento sessuale maschile, chi è sottomesso quello femminile). Può accadere anche che alcuni animali semplicemente si sbaglino (succede ai rospi, per esempio), perché non hanno avuto la possibilità di orientarsi verso l'altro sesso mediante l'"imprinting" (una forma di apprendimento che avviene durante le prime fasi di vita).

Troppi maschi. Altre volte è un rapporto squilibrato tra numero di maschi e femmine a compromettere la capacità di selettività (come succede tra i pesci di allevamento). Infine, c'è l'omosessualità degli struzzi: quando in un folto gruppo di struzzi maschi aumenta pericolosamente la tensione, anziché aggredirsi questi si accoppiano. L'omosessualità è in ogni caso più frequente tra animali in cattività che in natura.

Re della foresta gay
Accoppiamento tra leoni maschi.

Colorate e pericolose
Cinque *Dendrobates pumilio*, rane che vivono in Sudamerica e la cui pelle emette sostanze velenosissime.

E vero che gli anfibi sono in via d'estinzione?

In effetti segnali che questa classe di animali, comparsa sulla Terra più di 300 milioni di anni fa, stesse scomparendo erano già presenti da almeno una decina d'anni. Uno studio statistico di grande ampiezza ha però confermato questi sospetti. Pubblicata sulla rivista scientifica *Nature*, l'analisi è stata effettuata da studiosi canadesi, russi e svizzeri e ha passato al setaccio più di 50 anni di ricerche sugli anfibi. I risultati sono preoccupanti: non solo rane, raganelle, rospi, salamandre, tritoni e compagni sono in diminuzione come numero (soprattutto nelle Americhe e in Oceania), ma più di una decina di specie, su circa 4.500 conosciute, sono già estinte. Tra il 1960 e il 1966, inoltre, gli anfibi dell'Europa occidentale sono stati decimati, ma le cause di questa drastica recessione sono ancora sconosciute.

Fungo killer. Per quanto riguarda l'attuale situazione, il colpevole principale individuato dagli scienziati è un fungo, il *Batrachochytrium dendrobatidis*. Questo microscopico organismo si attacca alla cheratina contenuta nella pelle degli anfibi (con la quale in parte respirano e bevono) e li soffoca. L'enigma è come abbia fatto questo fungo, che finora non aveva mai colpito vertebrati (di solito si attacca a vegetali, alghe e invertebrati), a trasformarsi in un killer.

Alcuni scienziati sospettano una mutazione genetica, altri che sia diventato ospite di un virus. Altri ancora pongono invece l'accento sulle vittime: le modificazioni ambientali avrebbero indebolito le difese immunitarie dei batraci. L'estrema permeabilità della loro pelle li rende infatti molto sensibili all'inquinamento dell'aria e dell'acqua, tanto che gli anfibi vengono considerati dagli scienziati "sentinelle" biologiche, che avvertono dei cambiamenti in atto nell'ecosistema del pianeta. Più che il fungo, insomma, il responsabile sarebbe l'uomo. ❑

Perché si dice "occhio di lince"?

È un modo di dire che significa vista acutissima e penetrante e deriva dal fatto che la lince è un animale dotato di una proverbiale vista acuta. La locuzione potrebbe però anche riferirsi a Linceo, personaggio mitologico che era in grado di vedere fino nel cuore della Terra, in fondo al mare e attraverso i muri. Si scontrò con i Dioscuri che avevano rapito la sua promessa sposa ma, grazie alla sua vista, riuscì a scoprirli nonostante fossero nascosti nel cavo di una quercia.

Una lince europea.

Come fa un picchio a non danneggiare il cervello colpendo i tronchi?

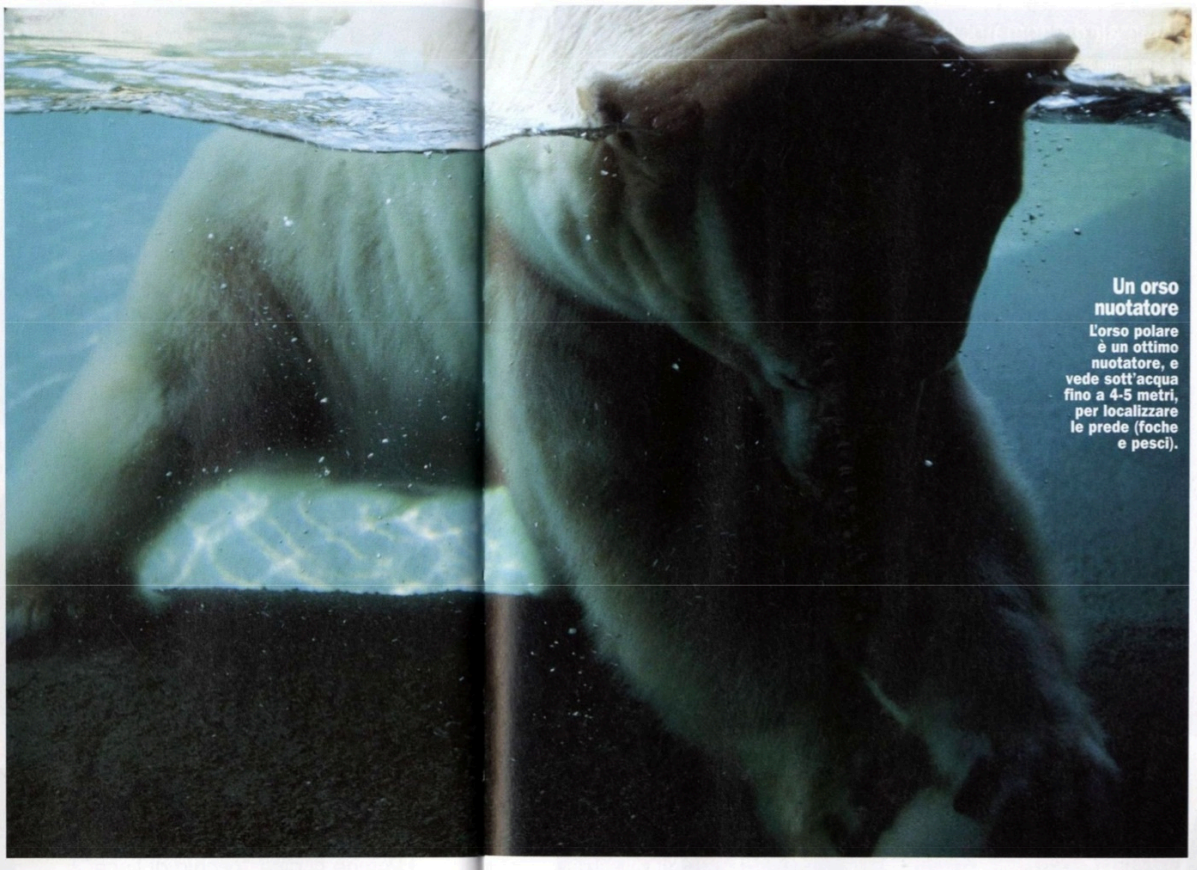
In effetti la velocità di un picchio (a sinistra, Dryocopus pileatus) quando colpisce il tronco con il becco è di 20-25 km all'ora. Ciononostante questi uccelli non riportano danni cerebrali. Il motivo? Secondo il naturalista Edward O. Wilson, il cervello di questi uccelli è ancorato saldamente alla scatola cranica, che in questo modo assorbe molto bene gli urti. Inoltre, quando becca, il picchio si muove lungo un solo piano, come la lancetta di un metronomo, il che evita le forze di rotazione che allenterebbero il cervello dai suoi "ormeggi".

Quello umano rimbalza. L'uomo non ha lo stesso tipo di protezione: il suo cervello è circondato da una sacca di fluido, che agisce da ammortizzatore, ma solo entro certi limiti. Nel caso quindi la nostra testa riceva un forte colpo, l'impatto può far "rimbalzare" il cervello da un lato all'altro della scatola cranica, lacerando le fibre nervose e causando danni anche gravi.

Qual è l'animale più velenoso?

Il più potente veleno prodotto da un animale è quello del polpo dagli anelli blu, un cefalopode australiano lungo circa 15 cm. Come tutti i polpi è provvisto di un becco, ma quando morde inietta nella vittima poche gocce di tetrodotossina, un veleno che può paralizzare e uccidere un uomo in pochi minuti. Veleni molto potenti sono anche quelli del cobra e della vipera. Perché agiscano, però, ne occorre una quantità superiore a quella del polpo.

Il polpo dagli anelli blu. Il suo veleno è mortale per l'uomo.



Un orso nuotatore
L'orso polare è un ottimo nuotatore, e vede sott'acqua fino a 4-5 metri, per localizzare le prede (foche e pesci).

Come vedono gli animali sott'acqua?

Alcuni uccelli, come i pellicani o le sterne, non sono in grado di vedere sott'acqua e quindi si tuffano alla cieca dopo aver individuato la preda dall'alto. Altri animali sono invece dotati di una duplice capacità di visione.

Cornea piatta. Il cristallino dell'occhio di cormorani e anatre, per esempio, ha un'eccezionale elasticità e riesce a mettere a fuoco le immagini anche sott'acqua. I pinguini possiedono invece una cornea quasi piatta, per cui essa non modifica la capacità di visione fra aria e acqua.

Doppia retina. Per quanto riguarda i pesci, invece, molti di essi hanno addirittura due retine, una che riceve i segnali luminosi provenienti dall'acqua e l'altra per i segnali che arrivano dall'aria. Pertanto il loro cristallino ha una specie di forma a uovo: la parte più bombata ha un maggior potere focalizzante e serve per le immagini "acquatiche", quella più sottile è invece aiutata dalla cornea nel focalizzare le immagini "aeree". ❑

Perché non esistono mammiferi di colore verde?

Sembra strano che non esistano mammiferi che sfruttino il vantaggio di confondersi con un paesaggio dove predomina il verde, al contrario di quanto fanno insetti, rettili, anfibi e uccelli.
Alcune specie di bradipi, in realtà, hanno questo colore, determinato però dal fatto che nella loro pelliccia vivono alghe verdi.

Ultimi arrivati. Va considerato che i mammiferi sono, in termini evolutivi, appena arrivati: l'inizio della vita sulla Terra risale infatti a circa 3,5 miliardi di anni fa e i primi animali sono apparsi circa 800 milioni di anni fa. I mammiferi hanno invece fatto la loro comparsa solo 65 milioni di anni fa. Va inoltre considerata la lentezza (in rapporto alle altre specie) di riproduzione di molti esemplari di questa classe.

Pochi mammiferi. Né bisogna poi trascurare la rarità dei mammiferi: di oltre un milione di specie conosciute e attualmente viventi solo 4.500 (cioè meno dello 0,5 per cento del totale) sono mammiferi. Forse, essendo in numero così modesto sulla Terra, non c'è stato il tempo di produrre esemplari verdi.

Sottobosco. Un'altra teoria sostiene invece che i colori dei mammiferi sono dovuti al fatto che si sono evoluti nel sottobosco, dove predomina il marrone.

Perché le uova non sono rotonde?

Uova sferiche esistono ma sono molto rare: risulterebbero troppo piccole per permettere lo sviluppo dell'embrione.

L'uovo può avere un volume maggiore essendo leggermente ovale nel senso della lunghezza, senza che questo comporti per la specie la necessità di avere un ovidotto di diametro più grande.

La forma a pera di certe uova, poi, ha una funzione adattiva.

Scogliere. Le urie, per esempio, depositano le loro uova sulle cenge di scogliere spesso esposte e battute dalle tempeste.

A causa della grande differenza di raggio dei due apici, le loro uova non rotolano in linea retta ma descrivono un circolo praticamente chiuso di circa 18 centimetri di raggio. Ciò riduce il numero di uova che rotolano giù dalle scogliere.

Uovo di *Uria aalge*.

Animali da primato: dal più lento... al più longevo

Il mammifero più lento: è il bradipo tridattilo. Vive sugli alberi e solo raramente scende al suolo, dove si muove strisciando sul ventre; si sposta alla velocità di 158 m all'ora: impiega cioè sei ore e mezzo per fare un chilometro.

Il mammifero capace di andare più in profondità è il capodoglio. Ne è stato trovato uno impigliato in un cavo telegrafico a più di 1.000 m di profondità. Alcuni esperti ritengono che esso scenda anche a 2.500-3.000 m.

Il mammifero capace di rimanere in immersione più a lungo è l'iperodonte del nord: 2 ore. Nulla in confronto alla testuggine franca, capace di restare sott'acqua 6 ore prima di uscire per respirare.

L'animale con il più alto numero di occhi è la libellula, ne ha 28 mila. La mosca ne conta 4 mila.

L'animale più lungo è un verme marino filiforme, il *Lineus longissimus*, che raggiunge i 55 m.

Gli animali senza occhi sono numerosi: alcuni vertebrati, come la talpa, ma anche una specie di delfino (la platanista del Gange), hanno completamente abbandonato l'uso degli occhi, inutili, d'altra parte, in ambienti privi di luce quali grotte, gallerie sotterranee o fiumi fangosi. I loro occhi, detti vestigiali, sono ricoperti di pelle.

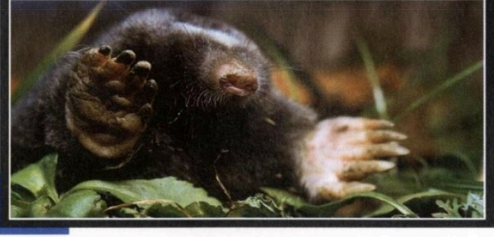
La mosca ha 4 mila occhi, ma la libellula la batte: arriva a 28 mila.

Il mammifero più piccolo è il mustiolo etrusco. Pesa 2 grammi e ha una lunghezza di 6,5 cm, coda compresa. Il più grande è la balenottera azzurra: 130 mila chili per 33 metri di lunghezza.

L'animale che ha vita più breve è l'effimera (o efemera), un piccolo insetto acquatico che assomiglia alla libellula e vive solo per un'ora e mezzo. Durante questo breve intervallo di tempo non fa altro che mangiare e cercare partner con cui accoppiarsi. Prima di essere adulta però, e cioè prima che la ninfa abbandoni l'involucro nel quale si è trasformata in insetto alato, vive per un anno allo stato di larva.

L'animale più longevo è la cozza artica, un mollusco che abita le fredde acque polari e può vivere fino a 200 anni. Seconda in classifica è la tartaruga. Un esemplare nato nel 1776 nelle isole Seicelle è morto nel 1928, 152 anni dopo.

Il nuotatore più veloce è il pesce vela: può arrivare fino a 109 km/h. Tra i mammiferi è l'orca, che può raggiungere i 55 km/h, la stessa velocità del calamaro.



La vista? Non mi serve

La talpa è il più noto vertebrato sprovvisto di occhi. Un altro è una specie di delfino, la platanista del Gange.

Nelle gobbe dei cammelli c'è l'acqua?

No, sono riserve di grasso, e possono essere pesanti fino a 35 kg l'una. Attingendo facilmente a questo concentrato di adipe, che l'uomo e altri animali hanno invece mischiato al tessuto muscolare o depositato in sottili strati sottocutanei, un cammello può sopravvivere per due settimane senza toccare cibo.

La resistenza del cammello all'ambiente desertico, infatti, non si deve al possesso di maggiori riserve d'acqua, quanto alla capacità di gestirle al meglio: potendo sopportare senza danno sbalzi di temperatura corporea notevoli (da 34 a 40 °C), il cammello non ha bisogno di sudare molto per prevenire un surriscaldamento. Giunto in un'oasi, poi, è in grado di reintegrare rapidamente i liquidi persi. ❑

Nel deserto in fila per uno

Una carovana di dromedari attraversa le dune nei pressi di Nouakchott, la capitale della Mauritania.

I pesci si riposano dormendo?

Si crede che i pesci non dormano perché non possono chiudere gli occhi. In realtà è come pensare che l'uomo non possa riposare perché, a meno che non utilizzi batuffoli d'ovatta, non può tapparsi le orecchie.

A occhi aperti. Il sonno del pesce in pratica non viene disturbato se la luce colpisce la retina oculare. Molti pesci fanno brevi sonnellini durante il giorno o la notte, e il periodo di riposo si riconosce perché si fermano. Alcune specie prima di dormire hanno una frenetica attività di preparazione. I labridi, o tordi, si nascondono nella sabbia, mentre lo scaro, o pesce pappagallo, si avviluppa in un bozzolo di muco.

Il sonno del pesce pappagallo.

Perché le farfalle diurne hanno colori più vivaci?

Le farfalle attive durante il giorno hanno sviluppato notevolmente la vista e sono capaci di identificare i compagni unicamente dai colori e dai disegni delle ali, a differenza di quelle notturne che, vivendo nell'oscurità, si affidano piuttosto agli odori e ai suoni. Alcune farfalle, poi, sono colorate anche a scopo di protezione.

Farfalle diurne sul viso di un estimatore.

La monarca, per esempio, ha in sé sostanze che sono velenose per alcuni predatori, e i suoi caratteristici colori servono a "pubblicizzare" questo fatto.

Perché molti uccelli stanno in equilibrio su una sola zampa?

Questo curioso atteggiamento, tipico delle specie che vivono in aree palustri (come fenicotteri e gru) ma non solo, non ha ancora una spiegazione certa. L'ipotesi più probabile è che sia dovuto a una questione di tendini: la loro conformazione fa sì che stare in piedi con le zampe erette risulti particolarmente scomodo. Tenerne una ritratta sotto il corpo, con le dita chiuse, è invece una posizione naturale di riposo, che all'animale non costa fatica e gli permette anzi di risparmiare energia.
Leggeri. Gli arti, infatti, sono molto resistenti e sorreggono senza sforzo il peso del corpo, mai eccessivo dato che le ossa degli uccelli sono in gran parte cave. Il mantenimento della posizione, poi, è agevolato da un organo dell'equilibrio che nei volatili è eccezionalmente sviluppato, dovendo servire in primo luogo per orientarsi in volo.

Così mi riposo
Un fenicottero dorme reggendosi su un'unica zampa; l'altra rimane ritratta sotto il corpo.

Specie da proteggere
Due esemplari di vanga, uccelli tipici del Madagascar e ora in pericolo di estinzione. I caratteri fisici di questa specie possono variare molto, sia per forma sia per colore, anche all'interno dello stesso sesso.

Si può capire il sesso degli uccelli?

Effettivamente è molto difficile distinguere maschi e femmine dai caratteri sessuali primari, che sono uguali: negli uccelli i condotti urogenitali sboccano in un'unica apertura, la cloaca, e i maschi non hanno un organo copulatore visibile. Vi sono tuttavia alcune eccezioni: negli anatidi per esempio (oche, cigni), i maschi sono dotati di pene e le femmine hanno la vagina all'interno della cloaca, nella parte sinistra.

Se maschio e femmina hanno un aspetto differenziato, come nel pavone o nell'uccello del paradiso, il sesso si stabilisce facilmente: il maschio è più grande (anche se nei rapaci di solito è il contrario), più colorato, può avere sacchi cutanei dilatabili, creste o bargigli. Quando le caratteristiche esteriori sono le stesse, come nei cormorani o nei corvi, occorre osservare i rituali di accoppiamento, in cui si susseguono precise esibizioni, caratteristiche del maschio o della femmina.

Quando maschio e femmina hanno ruoli distinti all'interno della coppia, si possono osservare i caratteri sessuali secondari. Ma se entrambi collaborano alla cura della prole, l'unico sistema che rimane è esaminare le dimensioni delle cellule sessuali (gameti) dell'animale: se piccole sono spermatozoi, se grandi cellule uovo. ❑

Che animale è il tarsio?

Il tarsio è uno dei primati più piccoli, bizzarri, ma soprattutto rari del nostro pianeta. Vive nelle giungle delle Filippine e degli arcipelaghi vicini. Gli esemplari più grandi sono lunghi 15 cm. Attivi di notte, di giorno dormono avvinghiati ai tronchi. Sono tra i più agili saltatori: nelle cacce notturne di insetti (il loro cibo) possono saltare fino a 2 metri da un albero all'altro. Sul terreno, invece, balzano come rane fino a un'altezza di un metro e mezzo.
Armi segrete. I tarsi sono muniti di tanti "gadget" naturali, che ne fanno dei piccoli 007 della giungla: le lunghe e affusolate mani e i piedi sono dotati di cuscinetti adesivi che permettono loro di aderire a ogni tipo di superficie. Le orecchie si comportano come piccole parabole in grado di voltarsi in direzione dei suoni, che captano con un'eccellente sensibilità. È infatti l'udito, oltre alla vista a infrarossi, il senso che il tarsio usa per individuare le sue minuscole prede. Ma la peculiarità più interessante di questi primati risiede nella testa: i tarsi hanno occhi fissi, che non roteano cioè nelle proprie orbite, ma possono girare lateralmente l'intero capo di 180° e avere così una visuale completa del territorio circostante.

Un tarsio aggrappato a un albero nella foresta di Sabah, nel Borneo.

Gli animali piangono?

Tutti i mammiferi hanno una lacrimazione abbastanza intensa, ma la sua funzione è prevalentemente protettiva, come nel caso delle foche, il cui viso è spesso rigato dalle lacrime per mantenersi fresco fuori dall'acqua. Tuttavia molti cacciatori, in tutto il mondo, hanno raccontato di aver assistito al pianto di animali feriti. Ma questo potrebbe essere una risposta fisiologica e automatica al dolore fisico e non l'espressione di un sentimento. William Frey, un biochimico che ha raccolto molte segnalazioni e rapporti su cani fortemente depressi che versavano lacrime, non è mai riuscito a confermare questo fatto in laboratorio.

Perché esistono tante razze di cani?

I cani sono in effetti lupi con caratteristiche morfologiche modificate dall'allevamento. L'amicizia tra uomo e cane sorse circa 100 mila anni fa come "associazione di lavoro": con ogni probabilità alcuni cuccioli di lupi vennero raccolti dall'uomo e furono tenuti nella tribù perché segnalavano la presenza di predatori o di cacciagione. In seguito questi cuccioli, divenuti adulti e non nutrendo alcun timore per l'uomo, cominciarono a seguirlo nelle battute di caccia, rendendosi utili con il loro fiuto e la loro velocità. Non dovette esserci un'unica addomesticazione del cane, ma a più riprese femmine ormai domestiche furono reincrociate con lupi, o più raramente con coyote e sciacalli. L'uomo, nelle sue periodiche trasmigrazioni, aumentò progressivamente a proprio beneficio le possibilità di incroci fra canidi di differenti regioni, al punto che oggi esistono circa 400 razze diverse.

Cane di sabbia
Uno shar-pei: nome che in cinese significa "pelle di sabbia".

Il camaleonte come fa a mutare colore?

I mutamenti cromatici dei camaleonti sono meno spiccati di quanto si creda, e su di essi incide più lo stato emotivo del rettile che l'ambiente in cui si trova: un camaleonte sottoposto a una situazione di pericolo manifesta una gamma di colori più scura, mentre un camaleonte ben ambientato e tranquillo sfoggia colori più chiari e luminosi. Questo significa che, nell'ipotesi di un camaleonte cieco, questi potrebbe continuare a cambiare colore, anche se non in accordo con l'ambiente circostante. I suoi mutamenti cromatici sarebbero piuttosto espressione del suo stato di stress, una volta scoperto di non poter più cacciare e quindi cibarsi. ❑

Non si mimetizza: è cieco?
Un camaleonte dai due lobi (*Chamaeleo dilepis*) attraversa il deserto del Kalahari, nello Stato del Botswana.

Un pesciolino ingoiato vivo da un pesce più grande.

Quanto sopravvive un pesce ingoiato intero da un altro pesce?

A determinarne la sopravvivenza è la velocità con cui i succhi gastrici del predatore intervengono nello "smantellamento" della preda. A seconda del tipo di pesce, questi sortiscono il loro effetto nel giro di 3-6 minuti.
Balene. A ingoiare intere le proprie prede sono più spesso pesci di modeste dimensioni, come lo scorfano, piuttosto che grossi squali o cetacei. Ben difficilmente, per esempio, un pesce può venir ingerito da uno squalo bianco senza essere tranciato dalla sua fitta e tagliente dentatura.
Mentre le balene - contrariamente a quanto raccontano la Bibbia (Giona) e Collodi (Pinocchio) - sono tra le creature marine più selettive nella caccia: evitano infatti di inghiottire tutto ciò che non sia plancton.

Tutti gli animali sono addomesticabili?

Per essere adatta all'addomesticamento, una specie animale deve essere "sociale". Deve cioè avere una predisposizione naturale all'accettazione della gerarchia: un meccanismo in virtù del quale l'animale finisce per riconoscere l'uomo quale "capobranco". I mammiferi sono creature sociali per eccellenza: benché con fatica, è possibile addomesticare anche animali feroci come leoni e orsi. Non lo sono invece i rettili. Ma allora, quando al circo si vedono coccodrilli docili come agnellini? In questi casi non si può parlare di addomesticamento, ma di ammaestramento. Con rettili, pesci e anfibi si può soltanto stabilire una relazione basata sul contatto fisico: capiscono, per esempio, che un certo tipo di carezza corrisponde a un'offerta di cibo.

Un pitone delle rocce inghiotte una gazzella di Thomson.

Come fanno i serpenti a inghiottire prede gigantesche?

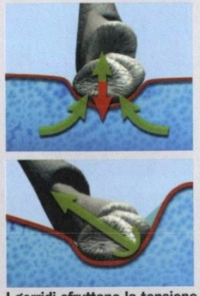
I denti dei serpenti, piccoli e rivolti all'indietro, non servono a masticare, ma a spingere il cibo in bocca. La preda è dunque inghiottita intera, solitamente partendo dalla testa in modo che gli arti, la pelliccia o le penne non oppongano resistenza alla discesa verso lo stomaco. Per questo le mascelle dei serpenti sono dotate di specifiche caratteristiche: quella superiore può separarsi da quella inferiore; e quest'ultima può aprirsi al centro, trattenuta solo da un legamento elastico.
In questo modo la bocca può far passare prede di diametro ampiamente superiore a quello normale della testa: un processo che negli altri animali bloccherebbe il rifornimento d'ossigeno, ma che non preoccupa il serpente perché la sua trachea ha un'apertura mobile e rinforzata, che viene spinta in fuori da un lato della bocca.

Come raccolgono gli oggetti più piccoli gli elefanti?

Il sistema non è unico, perché c'è un'importante differenza anatomica fra la proboscide dell'elefante africano e quella dell'elefante asiatico. Nel primo, la proboscide ha sulla punta due appendici triangolari contrapposte. Nell'elefante asiatico, la proboscide è dotata all'estremità di una sola appendice triangolare, opposta allo spesso bordo inferiore. Per questa ragione sono diversi anche i modi di raccogliere gli oggetti più piccoli, come i semi: l'elefante africano riesce a prenderli usando come una pinza le due appendici sulla punta della proboscide. L'elefante asiatico, che ha invece una sola appendice, arrotola a spirale intorno ad essi la parte finale della proboscide.

Come riescono alcuni insetti a camminare sull'acqua?

Quei funamboli che corrono velocissimi sul pelo dell'acqua si chiamano gerridi. Grazie alle lunghissime zampe riescono a distribuire il proprio peso e ad appoggiarsi sulla superficie dell'acqua come fosse una membrana elastica. Con le zampe anteriori raccolgono gli insetti morti di cui si nutrono, mentre utilizzano quelle mediane per la propulsione e quelle posteriori come timone. Nonostante vivano sull'acqua, i gerridi non si immergono mai. E basta che una goccia cada sul loro corpo per farli annegare.



I gerridi sfruttano la tensione superficiale dell'acqua per sostenersi e muoversi.

Un gerride si "appoggia" sull'acqua.

MITOLOGIA

Che tipo di animale era il "kraken"? È davvero esistito?

Il "kraken" (o "krabben") è un mostro marino delle leggende norvegesi: secondo la tradizione, era un animale enorme, di forma rotonda e allungata, con tante braccia, avvistato più volte lungo le coste della Norvegia. Era così grande che quando si immergeva provocava pericolosi gorghi, e così forte da tirare sott'acqua qualsiasi nave. Nel 1755, il vescovo norvegese Pontoppidan scrisse di averne visto uno che con le sue secrezioni anneriva l'acqua per un largo spazio. Questo ha fatto pensare che la leggenda sia stata ispirata da un animale reale ma raro, il calamaro gigante (*Architeuthis dux*), un mollusco cefalopode con 10 tentacoli e lungo fino a 16 m.

Non importa la dimensione

Uomo e balena sono mammiferi di taglia ben diversa, ma la grandezza dei rispettivi spermatozoi non rispecchia quella della specie.

Perché non c'è un cibo al gusto di topo?

Innanzitutto è vietato destinare al consumo alimentare, umano o animale, la carne di topo. Poi c'è una ragione di ordine psicologico: molti inorridirebbero al pensiero di nutrire i propri beniamini con animali abitualmente associati alle fogne e alla trasmissione di malattie. Ma, soprattutto, il gatto ama cacciare i topi non perché la loro carne sia per lui gustosa (se così fosse li divorerebbe immediatamente), ma perché è un gioco divertente.

Perché i gatti odiano l'acqua?

Dal punto di vista scientifico, non è riconosciuta ai gatti questa predilezione. Anche se è vero che sono attratti dall'aroma del salmastro e il pesce, oltre a essere ricco di proteine utili a un carnivoro (cosa che gli animali riconoscono), ha questo tipo di odore. Nel gatto, però, è fondamentale l'apprendimento della prima infanzia. La madre insegna cioè ai piccoli che cosa mangiare e i micini resteranno legati a queste indicazioni anche da adulti. Dunque, un gatto che da piccolo non ha apprezzato il pesce, difficilmente ne sarà attratto da grande.

Perche non ruggiscono come altri felini?

Un gatto che ruggisce lo si vede solo nei cartoni animati, ma se pensiamo che molti suoi parenti come i grandi felini (leone, pantera, tigre) ne sono capaci, allora potrebbe non sembrarci una domanda tanto assurda. La spiegazione risiede in una differenza anatomica che agli zoologi serve proprio per classificare i felini. Lo ioide è un insieme di piccole ossa, situate alla base della lingua, che mettono in contatto la laringe con il cranio e che, nel caso dei felini che ruggiscono, è formato in parte da cartilagine (cosa che non accade nei piccoli felini, in cui è totalmente rigido), permettendo la mobilità necessaria a produrre il loro imponente ruggito. Come curiosità può essere interessante sapere che il puma, nonostante le sue dimensioni, non può ruggire poiché il suo ioide è completamente ossificato, come nel gatto.

Animali grandi hanno spermatozoi più grandi?

Sembrerebbe logico di sì, ma in realtà la grandezza degli spermatozoi non ha alcun legame con le dimensioni dell'animale. Per cui elefanti, scoiattoli e balene possono avere spermatozoi di lunghezza simile. Addirittura, lo spermatozoo più grande, scoperto di recente, è quello della *Drosophila biphurca*, un moscerino. Con la "coda" srotolata, lo spermatozoo supera i 2 centimetri di lunghezza. È anche il più fecondo: ha 100 probabilità su 100 di incontrare l'ovulo perché occupa, da solo, tutto l'apparato genitale della femmina.

Paragone imbarazzante. Per confronto, lo spermatozoo umano misura 0,06 millimetri, e quello dell'ippopotamo 0,033 millimetri (v. le proporzioni nell'ingrandimento disegnato). ❑

Quanto lontano dal nido possono spingersi le formiche?

Una formica può spingersi anche a 60 metri dal proprio nido, riuscendo a tornarvi grazie alle tracce chimiche (ferormoni) lasciate sul terreno e alla posizione del sole.

Esploratori. Durante la stagione riproduttiva, comunque, le colonie mandano all'esterno sciami di maschi e di regine vergini, che si allontanano dal nido volando o camminando indefinitamente alla ricerca di partner di altre colonie. La maggior parte di essi morirà senza aver raggiunto il proprio scopo.

La stessa sorte tocca a una formica che venga prelevata e spostata altrove: se non ritrova i suoi punti di riferimento chimici sarà irrimediabilmente persa.

Un mondo di mammiferi
Con la scomparsa dei dinosari, la Terra diventa il regno dei mammiferi. Una qualsiasi specie vive più a lungo se riesce ad adattarsi all'ambiente.

Evoluzione: quali sono i suoi meccanismi?

La teoria dell'evoluzione di Charles Darwin ha 150 anni. E non ha mai avuto tanto successo come oggi. Viene usata per spiegare la storia della vita sulla Terra, è stata rivalutata dalla Chiesa, dà risposta a innumerevoli perché. Ma che cosa è e come funziona l'evoluzione?

Una fitta rete di gallerie fu scavata nel fango da esseri vermiformi, più di un miliardo di anni fa. Quel fango, con tutte le sue gallerie intatte, è arrivato fino a noi, trasformato in un materiale solido, simile ad arenaria. Si trova a Chorhat, nel cuore dell'India, ed è considerato un reperto rivoluzionario. È grazie a questo pezzo di roccia, infatti, che si può oggi riscrivere la storia dell'evoluzione e ricostruire l'identikit dei nostri più antichi antenati pluricellulari. «Erano ciechi, spaghettiformi, ma provvisti di lingua e già abbastanza spediti nei movimenti» fa sapere Adolf Seilacher, dell'università Usa di Yale. Ed erano più antichi di mezzo miliardo di anni dei più vecchi fossili pluricellulari che si conoscano, gli invertebrati marini di Ediacara e Burgess, comparsi in Australia e Canada 600 milioni di anni fa. Guardandoli, viene da chiedersi se è davvero possibile, come sostiene la teoria dell'evoluzione, che da questi vermini siano nati i pesci e gli anfibi, i rettili, i dinosauri, gli uccelli e i mammiferi (tra cui animali grandi tre volte gli attuali elefanti, come l'*Indricotherium*) fino all'uomo.

Eppure sembra proprio che sia così. L'ipotesi dell'evoluzione, formulata da Charles Darwin nel 1859, ha trovato, nel corso di un secolo e mezzo di ricerche, infinite conferme. E anche se alcuni dei meccanismi chiave dell'evoluzione suscitano ancora discussioni e polemiche tra gli studiosi, la stragrande maggioranza del mondo scientifico ne ha accettato l'impostazione. Ecco come gli evoluzionisti spiegano i meccanismi base che portano a questo straordinario sviluppo delle forme di vita.

1. La selezione naturale

Gli evoluzionisti partono da una constatazione: ogni singolo individuo, appartenente a una qualsiasi specie, può vivere più o meno a lungo a seconda del modo in cui si adatta all'ambiente in cui si trova. Se è più resistente alle malattie, più abile a cercare il cibo e a eludere i predatori, vivrà di più. Così come vivrà di più se disporrà di caratteristiche fisiche vantaggiose: denti più taglienti, arti più lunghi, vista più sviluppata, olfatto più sensibile e così via. In natura però succede che, se un individuo vive di più, fa anche più figli.

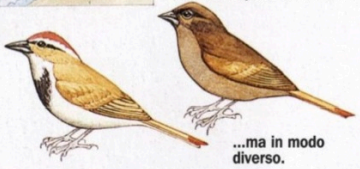
COME SI SDOPPIA UNA SPECIE?

1 SPECIE ORIGINARIA

Una specie di uccellini vive su entrambi i versanti di un monte (area tratteggiata).

2 GLACIAZIONE

Una glaciazione divide però per lungo tempo gli uccellini in 2 gruppi non comunicanti. Su entrambi i lati del monte la specie si evolve...



...ma in modo diverso.

3 POST GLACIAZIONE

Le due specie tornano a convivere ma ormai sono troppo diverse.

I riti di accoppiamento non sono più gli stessi.

La separazione è irreversibile. È nata una nuova specie.

Da una a tante cellule
Stromatoliti, concrezioni di cianobatteri (organismi unicellulari) risalenti a 3,5 miliardi di anni fa e ancora in vita in ambienti particolari.

E trasmette il suo patrimonio genetico e più geni "adatti" (quelli per esempio della resistenza alle malattie e dei denti più taglienti) a un maggior numero di componenti delle nuove generazioni. Questo modo di selezionare e diffondere i geni (e quindi le caratteristiche) migliori è l'essenza della cosiddetta selezione naturale, che opera sui grandi numeri e, nel corso di decine di migliaia di anni, può far sì che si accumulino in una specie caratteristiche nuove e utili. E, in alcuni casi, può dare vita a nuove specie.

2. Mutazioni genetiche casuali

Se il meccanismo dell'evoluzione fosse solo questo ci sarebbe però un progressivo processo di perfezionamento e di omogeneizzazione dei viventi. Le caratteristiche migliori tenderebbero cioè, nel corso del tempo, a divenire patrimonio di tutti. E poi l'evoluzione si fermerebbe (salvo riprendere per cambiamenti nell'ambiente). Come spiegare allora l'enorme varietà di specie nate dai primi organismi unicellulari?

SOPRAVVISSUTI — Come hanno fatto certi "fossili" ad arrivare fino a noi?

Li chiamano "fossili viventi" perché esistono ancora, ma sono identici alle tracce fossili lasciate dai loro progenitori milioni di anni fa. A differenza della maggior parte delle specie, la falce dell'estinzione non li ha raggiunti: o perché si sono rifugiati in luoghi marginali, o perché sono stati capaci di adattarsi a tutto. Fra i primi c'è la *Latimeria*, un pesce che si riteneva estinto da 70 milioni di anni. E di cui è stata individuata un popolazione nel 1987, in Indonesia. O lo *Sphenodon*, una lucertola di 50 cm con una mascella a forma di becco, ritrovata in Nuova Zelanda.

Imbucati. Al secondo gruppo, quello dei fenomeni di adattamento, appartiene il *Triops cancriformis*, un crostaceo di 5 cm che vive nelle risaie lombarde e piemontesi: non cambia da 200 milioni di anni. Più irriducibile è la lingula, invertebrato comune, immutato da 500 milioni di anni. Come ha fatto? Semplice: quando l'ambiente è sfavorevole la lingula si rifugia in buche profonde.

Fossili viventi: 4 esemplari di vermi "Onychophor"

Darwin, e soprattutto i neodarwinisti di oggi, sostengono che gran parte di questo processo è favorito dalle mutazioni genetiche casuali. Ogni volta che, nella riproduzione della vita, si fa una copia del patrimonio genetico di un individuo o che si mischiano (come avviene nella riproduzione sessuata) due patrimoni genetici (del padre e della madre) in uno nuovo (quello del figlio), si possono verificare errori di copia. I genetisti chiamano questi errori mutazioni.

3. La "deriva genetica"

Quali conseguenze hanno questi errori? Anomalie nel corpo dei nuovi nati. Qualcuno può nascere di un colore diverso, con un dito in più o decisamente più alto dei suoi genitori. Nella maggior parte dei casi le anomalie sono di ostacolo alla vita dei nuovi nati, che così vivono poco e non trasmettono i geni mutati a loro discendenti. Ma a volte le variazioni possono essere anche utili. In tal caso chi le porta può vivere meglio, trasmettere i suoi geni e favorire nella sua specie la conservazione delle nuove caratteristiche.

4. Così nasce una specie

Un ulteriore meccanismo è alla base della formazione di nuove specie.

Per molti anni, dopo Darwin, si era pensato che le specie nascessero dal lento cambiamento del corredo genetico di un animale, che a poco a poco sfumava in un altro. Ma poi studiosi di genetica della popolazione come Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr e Hugh Patterson hanno osservato che per fare una specie occorre un periodo di isolamento.

Il meccanismo (*vedere disegno alla pagina precedente*) funziona così: parte della popolazione di una specie rimane isolata a causa di barriere geografiche, come l'invasione di un mare che trasforma in isole una parte di un continente, la formazione di montagne o di un deserto. «Una volta che una popolazione rimane isolata dal resto della specie è normale che continui a cambiare» spiega Silvio Renesto, paleontologo dell'università di Milano. Ma l'evoluzione non avverrà nello stesso modo di quella del resto della popolazione. Perché l'ambiente potrebbe essere diverso e soprattutto perché diverso è il corredo genetico di partenza della popolazione isolata. «Quando si separano due gruppi d'una stessa popolazione si separano anche i loro geni. È un po' come separare un secchiello di palline (i geni) di colori diversi prese a caso dal cesto principale. La frequenza dei colori-geni nel secchiello sarà probabilmente diversa da quella del cestino.

Un bisnonno in comune

Il confronto tra l'ala di un uccello e il braccio di un uomo. Ci sono molte analogie, anche se gli antenati comuni, i rettili, sono molto lontani.

PERCHÉ LA GIRAFFA HA IL COLLO LUNGO?

Convivono giraffe con il collo lungo e altre con il collo corto.

Le giraffe con il collo lungo raggiungono le fronde più alte, sopravvivono meglio durante le siccità, e quindi fanno più figli. Le loro caratteristiche si diffondono nel gruppo.

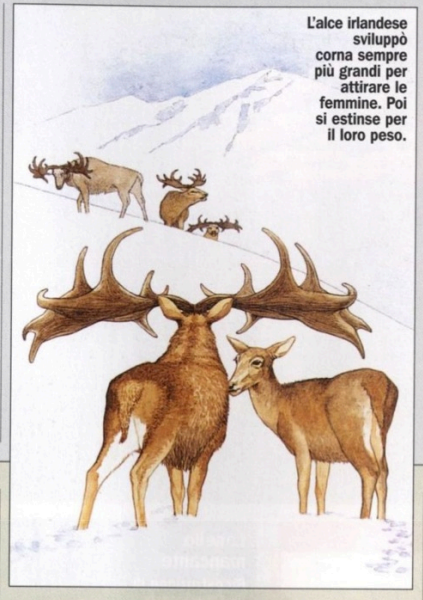
Quelle a collo corto vivono meno e fanno meno figli. Le loro caratteristiche a poco a poco si estinguono.

L'anello mancante

Ricostruzione di un *Caudipterix*, vissuto 120 milioni di anni fa. È una prova della discendenza degli uccelli dai dinosauri.

Quando a contare è il sesso: con conseguenze anche paradossali

Non sempre è valida la regola che chi vive di più dà origine a più discendenti. Nelle specie in cui vige l'harem (un maschio con tante femmine), come impala, leoni o gorilla, soltanto pochi riescono a riprodursi. Un esemplare che muore giovane, ma è riuscito a conquistare il suo harem, ha comunque centrato un obiettivo che non viene raggiunto invece da chi diventa vecchio senza mai riuscire nell'impresa.
Decide la femmina. In questi casi diventa importante per l'evoluzione un altro tipo di selezione, quella sessuale. Se per avere figli, e quindi tramandare i propri geni e le proprie caratteristiche, è indispensabile diventare maschi dominanti e piacere alle femmine, succederà che le caratteristiche più trasmesse saranno proprio quelle che consentono di ottenere questi risultati. Nelle società regolate dall'harem le femmine tenderanno così a scegliere gli esemplari più aggressivi e robusti. È per questo motivo che tra gli elefanti marini c'è stato, nel corso del tempo, un aumento delle dimensioni dei maschi.
Alce cornuto. In altri casi si sono sviluppati solo alcuni "attrezzi". Come per esempio le corna, sempre più robuste e ramificate, dei cervidi.
Alcuni paleontologi ritengono che l'alce irlandese si sia estinto proprio per il peso delle sue corna: molto valide per la competizione sessuale, ma di enorme impaccio per muoversi nella foresta in cerca di cibo e per scappare dai predatori.
Dove invece è in vigore la monogamia, come fra gli uccelli e in molte scimmie, la selezione sessuale ha meno importanza e spinge in genere alla scelta di individui socievoli e cooperativi con i quali dividere la cura della prole.



L'alce irlandese sviluppò corna sempre più grandi per attirare le femmine. Poi si estinse per il loro peso.

▶Se nel cestino per esempio le palline gialle sono il 27%, nel secchiello possono essere il 24% o il 33%. E da geni diversi, sia pure di poco, tendono a svilupparsi differenze diverse».

È il cosiddetto fenomeno della "deriva genetica", necessario, ma non sufficiente perché nasca una nuova specie. Infatti, ciò che veramente conta non è tanto che siano cambiate alcune caratteristiche genetiche e fisiche. Per dire che esiste una nuova specie occorre che le due popolazioni, eventualmente tornate a contatto, non possano più accoppiarsi: magari soltanto perché sono cambiati i riti sessuali. Altrimenti, rimischiando le "palline colorate", le differenze fra le due popolazioni sfumerebbero.

Per fare una specie ci vogliono 20-50 mila anni. E questa non dura, salvo eccezioni (*vedere riquadro sui "fossili viventi"*) più di 7-8 milioni di anni.

5 Le specie gemelle

Perché possa durare nel tempo, la nuova specie deve tuttavia fare poca concorrenza a quella di origine. Per esempio, i suoi rappresentanti devono nel frattempo avere imparato a nutrirsi di altri cibi o a fare la tana fra le rocce invece che nei tronchi degli alberi. Altrimenti si cade nella "trappola" evolutiva delle specie gemelle. Come dice Niles Eldredge, dell'American Museum di New York, le specie gemelle hanno sì meccanismi differenziati a livello sessuale, ma per il resto sono troppo simili. E succede che la specie originaria, più diffusa, finisce per fare concorrenza ed estinguere la sorella. La storia della vita ha visto nascere molte specie gemelle che si sono subito spente come stelle cadenti.

6 L'alternativa Darwin-Lamarck

Jean-Baptiste Lamarck era uno scienziato che sosteneva la trasmissibilità dei caratteri acquisiti: cioè la possibilità che si trasmettessero ai figli non solo le caratteristiche determinate dai geni ma anche quelle determinate dall'ambiente o dalla cultura. I darwinisti avevano duramente criticato la teoria di Lamarck. «Ora però» spiega Pietro Omodeo, evoluzionista dell'università di Siena, «alcune ricerche hanno riaperto la possibilità che l'evoluzione proceda anche attraverso i caratteri acquisti. Sembra cioè che alcuni cambiamenti non avvengano a caso, per poi passare al vaglio della selezione, ma siano stimolati direttamente dall'ambiente».

Uno dei fenomeni rilevati si chiama "amplificazione genica": un gene viene cioè moltiplicato per effetto di uno stimolo esterno. Lo si è visto in un moscerino, la drosofila, e in alcuni tipi di anfibi. E sembra che la resistenza ai pesticidi di alcuni insetti sia dovuta proprio a questo fenomeno. ❑

Darwin? È diviso in 4 scuole

Esistono varie interpretazioni dell'evoluzionismo e varie scuole di pensiero che si confrontano. Ecco le principali e le loro ipotesi.

Gli attuali esseri viventi? Sono macchine da sopravvivenza, progettate da colonie di geni. E i geni ricordano i rematori di una barca in gara con altre imbarcazioni. Quando poi la barca affonda, loro si sono già allontanati, per andare a remare su altre barche. In altre parole: i corpi muoiono, ma i geni sopravvivono con la riproduzione e vanno a progettare nuovi corpi. È proprio questa "smania d'immortalità" dei geni a far mutare le specie. A esserne convinto è il britannico Richard Dawkins, ideatore della teoria detta del "gene egoista". Ma la congiura dei geni non toglie ogni spazio all'individuo. «I geni progettano le reazioni generali all'ambiente, ma nelle situazioni concrete è pur sempre la centrale-individuo a decidere» spiega Dawkins. Non tutti gli esperti sono d'accordo con lui. Ed è in corso un duro confronto fra scuole diverse. Ecco i punti di vista più importanti. «Con un'avvertenza» dice Aldo Zullini, dell'università di Milano. «Hanno ragione un po' tutti, perché l'evoluzione si può vedere da angolature diverse».

UNA PROVA SPERIMENTALE

Per provare l'adattabilità all'ambiente è stato rilasciato un ugual numero di falene bianche e nere in due boschi: uno urbano e uno rurale. Le falene bianche si sono moltiplicate di più nel primo, le nere nel secondo, dove si mimetizzavano meglio sui tronchi degli alberi, più scuri.

Co-evoluzione: geni+cultura

Il rapporto geni-ambiente è importante, ma la cultura ha altrettanto peso. A sostenerlo sono i co-evoluzionisti, che fanno notare come anche molte specie animali sappiano tramandare per apprendimento usi e scoperte di strumenti rudimentali. Nell'uomo ci sono non poche prove dell'evoluzione parallela guidata sia dai geni sia dalla cultura. ▶

Culture simili, geni simili?
Capodogli (nella foto) e orche hanno i Dna quasi identici. Forse per una convergenza "culturale".

Prime prove: i fossili
Ricostruzione di ittiosauri e (sopra) un fossile. Grazie ai fossili si cominciarono a immaginare ipotesi alternative alla Bibbia.

▶Per esempio, sono bastate 300 generazioni in cui gli adulti non bevevano latte per far perdere ad alcune popolazioni asiatiche la capacità enzimatica di digerirlo. Di più: la cultura preistorica nomade avrebbe ancora voce, per via genetica, nell'uomo moderno. Esempi? Il piacere di viaggiare, per cominciare, ma soprattutto il fatto che se contiamo le persone di cui ci fidiamo davvero, scopriamo che non sono più numerose dei giocatori di una squadra di calcio: non più comunque del numero ideale di un gruppo di cacciatori e raccoglitori. Ne è convinto l'americano Edward O. Wilson: comportamenti consolidati in centinaia di migliaia di anni non possono essere scalzati da 5 mila anni di civiltà agricolo-industriale. Anche alcuni animali confermano l'esistenza di una coevoluzione geni-cultura. Una ricerca condotta dall'università canadese di Dalhousie fra i capodogli e le orche, entrambi cetacei molto sociali che vivono in gruppi matrilineari, ha scoperto che gli individui delle due specie hanno i Dna quasi identici. Come si spiega? L'ipotesi è quella di una "selezione culturale": le due specie condividono infatti metodi di caccia, rotte migratorie e possibilità di comunicazione con suoni ad alta frequenza. Orche e capodogli sarebbero insomma diventati sempre più simili geneticamente perché avevano schemi di vita simili.

Saltazionismo: evoluti a scatti

Niles Eldredge, in *Ripensare Darwin*, ripropone la teoria degli "equilibri punteggiati" sostenuta anche da Stephen Jay Gould. Secondo questa visione, l'evoluzione non procederebbe per gradi, ma alternerebbe lunghi periodi di stasi a improvvise accelerazioni durante le quali comparirebbero le nuove specie. Un'idea confortata dalla mancanza - nei reperti fossili - di molti anelli di congiunzione: se l'evoluzione è come una catena, insomma, perché non si riesce a ricostruirne ogni passaggio? I primi pipistrelli di 50 milioni di anni fa sono per esempio già formati come tali e non si vedono elementi di transizione da specie precedenti. In molti gruppi di trilobiti e altri organismi marini, ci sono specie che durano anche 7 milioni di anni cambiando pochissimo. Poi si estinguono, e al loro posto i paleontologi trovano animali diversi. Eldredge critica anche l'"l'egoismo genetico" di Dawkins: in natura, sostiene, non esiste solo l'imperativo della continuazione della specie. Gli animali pensano soprattutto a restare vivi loro.

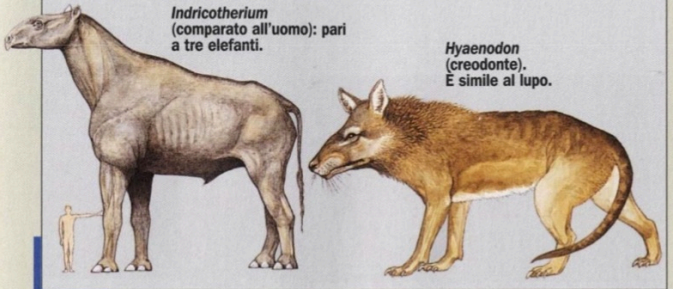
Una conferma a questa idea arriva dalle osservazioni di Elisabeth Vrba, della Yale University, sull'identità "ecologica" delle specie. Alcune sono eclettiche (come l'impala, che mangia molte qualità di piante e dipende poco dall'acqua), altre sono specializzate (come alcuni gnu che si nutrono solo di vegetali selezionati). In una stessa regione, le specie specializzate arrivano a essere 10 volte più di quelle generaliste, perché sfruttano al meglio l'ambiente. Ma di fronte a crisi biologiche rimangono spiazzate e si estinguono. Le specie generaliste riescono invece ad adattarsi. Ecco perché si sono estinti gli specializzati dinosauri. Ed ecco perché sono sopravvissuti i mammiferi, che allora erano rappresentati tutti da specie generaliste. «In effetti» osserva il paleontologo Silvio Renesto «l'evoluzione sembra ripartire sempre dai generalisti: all'inizio lo erano anche i dinosauri».

L'ipotesi degli "specializzati"

Secondo Gould, l'evoluzione è così caotica che quasi tutti i suoi frutti sono condizionati dal caso. Un esempio: circa 550 milioni di anni fa, nell'attuale Canada, erano presenti i capostipiti dei principali gruppi di artropodi: i trilobiti (oggi estinti), i crostacei, i chelicerati (comprendenti ragni e scorpioni) e gli unirami (di cui fanno parte gli insetti). E oltre a questi c'era una folla di altri organismi: animali da fantascienza come l'*Opabinia*, con 5 occhi e un solo arto frontale munito di tenaglia. In totale c'erano 15 *phyla* (gruppi-base), che potevano dare origine a intere ramificazioni del tutto nuove della vita, e che invece si sono estinti a causa di una grande crisi biologica. Si salvò la *Pikaia*, un animaletto affusolato e munito di notocorda, l'inizio di una rudimentale colonna vertebrale. «Se la *Pikaia* si fosse estinta, non si sarebbero sviluppati i vertebrati, tra cui è compreso anche l'uomo», fa notare Gould. Per non parlare dei dinosauri. Anche per loro, dice Gould, ha giocato il caso: «Né gli anfibi né, più tardi, i rettili sarebbero comparsi se i pesci crossopterigi si fossero estinti prima di sviluppare pinne adatte anche allo spostamento a terra». ❑

Alcuni grandi mammiferi: perché hanno fallito?

Anche animali completamente diversi possono sviluppare forme simili. Le pinne e i corpi affusolati di pesci e delfini, le ali di uccelli e pipistrelli sono la migliore prova che esiste l'adattamento. Queste forme infatti si sono sviluppate a partire da animali completamente diversi come risposta all'ambiente. Alcuni, come l'erbivoro *Indricotherium*, scelsero la via del gigantismo come, più tardi, gli elefanti.
Un altro caso emblematico è quello dei creodonti, mammiferi carnivori.
Questi animali non c'entravano nulla con i fissipedi, i mammiferi progenitori dei carnivori di oggi. Eppure fra i creodonti esistevano forme molto simili ai lupi, quasi uguali alle iene e una specie aveva lo stesso ruolo dei leoni.
Questione di cervello. Ma avevano denti trancianti meno efficienti e il cervello più piccolo. Il declino dei creodonti iniziò proprio quando si svilupparono i carnivori moderni, come canidi, ienidi, mustelidi e felidi. Non ressero alla concorrenza e, 30 milioni di anni fa, sparirono.

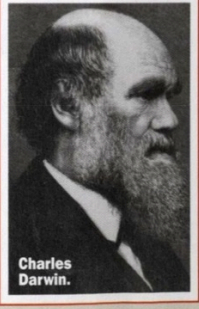


Indricotherium **(comparato all'uomo): pari a tre elefanti.**

Hyaenodon **(creodonte). È simile al lupo.**

UNA TEORIA A TAPPE

1650: JAMES USSHER
Arcivescovo irlandese, con i suoi calcoli basati sulla cronologia biblica conclude che tutte le specie sono nate nel 4004 a. C.
1795: GEORGES CUVIER
Spiega il ritrovamento di fossili ipotizzando che, oltre al Diluvio, devono esserci state altre catastrofi. E successive creazioni divine di nuove specie.
1801: ERASMUS DARWIN
Il nonno di Charles ipotizza che tutti gli esseri viventi abbiano un unico progenitore comune.
1810: JEAN-BAPTISTE LAMARCK
Lancia la teoria dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti: i miglioramenti raggiunti in vita passano ai posteri.
1830: CHARLES LYELL
Pubblica *I Principi della Geologia*, dimostrando che la Terra è stata in continua trasformazione.
1859: CHARLES DARWIN
Pubblica l'*Origine delle specie* e spiega i meccanismi principali di un'evoluzione durata decine di milioni di anni.
1930: RONALD FISHER e SEWALL WRIGHT
Fondano il neodarwinismo, conciliando le nuove scoperte di genetica con la teoria di Charles Darwin.



Charles Darwin.

L'ululato di un lupo alla Luna. I lupi ululano per segnalare la propria posizione agli altri membri del branco. Non è però vero che questi animali preferiscano ululare nelle notti di plenilunio.

È vero che la Luna può influire sul comportamento animale?

Non è la Luna direttamente che influenza il comportamento di alcune specie animali, ma la sua luce. Con la luna piena, per esempio, gli animali notturni che usano la tattica dell'agguato (come i leopardi o i leoni) cacciano meglio perché vedono bene le prede. Altri, come i lupi (che invece le prede le inseguono a lungo), vengono avvistati con più facilità e quindi preferiscono cacciare con i quarti di luna.

Romantici. L'influsso più importante, però, la Luna lo esercita nel periodo degli accoppiamenti. Per esempio, molti coralli dei mari tropicali emettono uova e spermatozoi solo in corrispondenza di particolari notti di luna piena.

Nei mari del sud Pacifico, il verme palolo (*Palola viridis*) distacca una porzione del proprio corpo (l'epitoca), che contiene le cellule riproduttive, soltanto nelle notti di ultimo quarto di luna di ottobre e novembre.

Dubbi. A parte questi casi evidenti, però, Ivan Kelly, psicologo dell'Università di Saskatchewan (in Canada), ha dimostrato che per ogni studio a favore dell'influenza della Luna sul comportamento degli animali ce n'è un altro che prova il contrario. ❑

Anche i calabroni fanno il miele?

No, i "veri" calabroni non fanno il miele. Lo fanno però i bombi, che spesso vengono scambiati erroneamente per calabroni. Questi ultimi, infatti, fanno parte della famiglia delle vespe (la specie più diffusa nel nostro Paese è la *Vespa crabro*). Si nutrono di altri insetti, e per questo motivo il loro apparato digerente non ha l'enzima che le api utilizzano per produrre il miele a partire dal nettare raccolto sui fiori.

Cibo regale. I bombi, invece, fanno parte della famiglia degli Apidi e producono il miele proprio come le api, anche se in quantità molto inferiore. Anche perché alle api il miele serve come alimento di riserva per superare l'inverno, mentre nelle colonie di bombi solo la regina sopravvive fino a primavera. Non pensate, però, di poter comprare miele di bombi: per la legge italiana l'unico alimento che si può vendere come "miele" è quello prodotto dalle api domestiche. I diversi tipi di miele (di castagno, acacia...) sono prodotti con nettare prevalentemente di una sola pianta: non sono le api a preferire un fiore a un altro, ma gli apicoltori che spostano gli alveari in zone adatte. ❑

A misura di ape
Una scultura che riproduce una enorme ape in una serra di San Francisco (Usa). Si calcola che un'arnia di 30 mila api produca circa 20-30 kg di miele all'anno.

Una foca della Groenlandia in pieno relax.

Gli animali nel sonno russano? E sognano?

Sì. I mammiferi che producono un suono identico o simile a quello del russamento umano sono numerosi: cani, gatti, elefanti, gorilla, scimmie, maiali, rinoceronti, ma anche foche e leoni marini. Il meccanismo è del tutto simile, e riconducibile alla vibrazione del palato molle, a bocca aperta. Per i sogni, l'uomo condivide con cani, gatti, topi, scimmie e numerosi altri mammiferi e uccelli le fasi Rem del sonno, cioè i periodi di sonno leggero in cui si sogna, caratterizzati da rapidi movimenti oculari e da un'attività cerebrale simile a quella dello stato di veglia. Non è certo, invece, che sognino i mammiferi che vanno in letargo.

Il morso di vipera è spesso mortale?

Anche se dipinte come litigiose e aggressive, le vipere italiane sono meno rissose di quanto si pensi. Mordono infatti solo se disturbate e spesso la quantità di veleno che iniettano è molto bassa. Tanto che le vittime dei morsi di vipere sono pochissime: Francesca Assisi, del Centro antiveleni dell'ospedale Niguarda di Milano, riporta che negli ultimi 10 anni sono state segnalate al Centro solo 4 vittime. Le persone uccise da vespe o zecche, per esempio, sono molte di più.

In caso di morso. Il Centro fa notare che spesso è maggiore il danno che si fa con gli interventi successivi (come mettere il laccio, incidere la ferita e succhiare il veleno, o utilizzare il siero) di quello del veleno stesso. Se si viene morsi da una vipera conviene non agitarsi e andare a un pronto soccorso.

Perché le formiche, incontrandosi, restano per qualche istante testa contro testa?

Spesso si vedono due formiche fermarsi una di fronte all'altra e darsi dei reciproci colpettini sulle antenne. Le stesse palpazioni possono compiersi con il primo paio di zampe. Questo tambureggiamento è un preciso linguaggio con cui le formiche si riconoscono, si trasmettono informazioni di avvertimento, probabilmente rafforzando i messaggi olfattivi lasciati a terra sfiorando il suolo a intervalli regolari con l'estremità dell'addome. Ma le palpazioni sono implicate anche nella trofallassi, ossia nel trasferimento di cibo da una formica all'altra, e nel reclutamento di altre formiche per fronteggiare un pericolo o per cercare cibo.

Il "testa a testa" serve anche a lottare.

Collo a periscopio
L'elaborazione fotografica ha allungato il collo di una giraffa del Kenya. Esistono diverse sottospecie di giraffe: vivono tutte in Africa, a sud del Sahara.

Qual è il mammifero più alto? E il più basso?

Il più alto tra i mammiferi è, notoriamente, la giraffa: nello zoo di Chester, in Gran Bretagna, un maschio adulto ha raggiunto i 5,79 metri. Le femmine sono un po' più piccole, ma superano comunque i 5 metri. Più difficile è definire il mammifero più basso, perché non esiste un criterio univoco per misurare gli animali.

Comunque, i mammiferi più piccoli sono probabilmente il pipistrello-farfalla (*Craseonycteris thonglongyai*), scoperto in Thailandia, e il mustiolo (*Suncus etruscus*), un toporagno che vive in Europa meridionale, Nord Africa e in alcune regioni dell'Asia. Entrambi sono lunghi poco più di 3 centimetri e pesano solo un paio di grammi. ❑

Gli elefanti si tengono davvero per la coda?

Sì... ma solo al circo e nei film di Walt Disney!

Se vi è capitato di assistere a questi spettacoli è probabile che abbiate visto elefanti indiani (più docili e facilmente addomesticabili degli africani) che si tengono per la coda. In natura, però, questo non accade.

Indipendenti. Durante la stagione delle piogge, gli elefanti intraprendono migrazioni anche molto lunghe: gli individui del branco camminano spesso in fila indiana, ma non si tengono per la coda. Procedono invece con la proboscide rilassata, le orecchie mobili, e la marcia, lenta, accelera solo in caso di pericolo. La femmina più anziana e più esperta, la matriarca, sta davanti. Quando il gruppo è minacciato da un predatore, si stringe intorno ai piccoli e agli individui più deboli, lasciando che la femmina dominante affronti il pericolo.

Mamma elefantessa guida i suoi piccoli per la coda. Ma è un fotomontaggio.

Cosa accade se gli erbivori mangiano carne?

Niente, se la cosa avviene in modo occasionale e quantitativamente limitato. Basti pensare che prima dell'epidemia della Bse bovina (la cosiddetta "mucca pazza") era concessa, per nutrire le mucche, l'aggiunta al foraggio dell'1% di farine animali.

Eccesso. La situazione cambia se questo tipo di alimentazione diventa abituale o se si tratta di grandi quantità, perché la carne, per gli erbivori, è troppo proteica e grassa. I bovini rischiano una malattia grave, l'indigestione con alcalosi. Nelle tartarughe di terra, l'assunzione abituale di carne provoca deformazioni nel carapace (la corazza). E nelle iguane rende deformi le ossa.

Le scimmie hanno le mestruazioni?

Solo alcune. Le scimmie si possono dividere in due grandi gruppi: le catarrine ("dal naso in giù", asiatiche e africane), che comprendono anche la specie umana, e le platirrine ("dal naso largo", sudamericane). Nessuna delle specie che fanno parte di questo secondo gruppo (come la scimmia urlatrice, la scimmia ragno e il cebo cappuccino) ha mestruazioni vere e proprie. Possono riprodursi nel corso di tutto l'anno, anche se si accoppiano di preferenza in alcuni periodi – chiamati estro – come la maggioranza dei mammiferi.

Ciclo variabile. In tutte le catarrine, invece, l'endometrio (la membrana che riveste internamente l'utero) viene ripulito e ricostituito all'inizio di ogni ciclo, se non deve ospitare ovuli fecondati. La conseguenza è un'emorragia, più o meno abbondante ma sempre presente, cioè le mestruazioni. Tra una specie e l'altra ci sono però differenze nella durata del ciclo: 43-49 giorni nei gorilla, 31-37 negli scimpanzé, 29-32 negli orangutan e 27-28 giorni nella femmina dell'uomo.

Le donne, le femmine di scimpanzé, di gorilla e di orangutan hanno le mestruazioni. Altre scimmie ne sono prive e si accoppiano di preferenza durante l'estro.

Perché gli animali, quando dormono, non cadono dai rami degli alberi?

Un bradipo addormentato su un albero nella foresta panamense.

Sono molti gli animali, soprattutto nelle foreste tropicali, che riescono a dormire sugli alberi senza cadere. Alcune scimmie, come gli scimpanzé e gli oranghi, si costruiscono un nido e si rifugiano al suo interno.

Altre scimmie più piccole e i felini scelgono invece rami di grandi dimensioni, sui quali si accoccolano nelle ore di buio.

Diverso è il caso del bradipo che passa la notte dormendo a dondoloni. I suoi "unghioni", molto arcuati, ne impediscono la caduta. Lo stesso accade ai grandi pipistrelli tropicali mangiatori di frutta (le "volpi volanti"). I koala dormono di solito appoggiati a una biforcazione, e con le zampe afferrano saldamente il ramo principale.

Altre specie più piccole hanno ancora meno problemi. Le raganelle rimangono attaccate alle foglie perché hanno dischi adesivi sulla punta delle dita.

Gli uccelli, infine, non cadono perché le loro zampe si stringono automaticamente attorno al ramo su cui sono appollaiati. ❑

Una zanzara muore se non succhia sangue?

No. Anzi, la zanzara maschio il sangue non lo succhia mai: infatti si nutre di succhi vegetali e del nettare dei fiori. La femmina invece si posa sugli animali (di solito mammiferi e uccelli) e, pungendoli, ne aspira il sangue. Ma non usa tale sangue per nutrirsi, bensì solo per far sviluppare le gonadi (le ghiandole che producono le uova), e quindi le uova in crescita. Senza sangue infatti le gonadi si atrofizzerebbero.

Riproduzione. La femmina quindi, nel corso della sua vita, che dura al massimo qualche settimana, ha necessità del sangue solo a scopo riproduttivo.

Le zanzare sono colpite dalle gocce di pioggia?

Le gocce di pioggia, precipitando verso il suolo, sono precedute dalle onde di pressione che producono nell'aria. Queste ultime riescono a spostare di lato gli insetti più piccoli e leggeri, come le zanzare. In ogni caso, lo scontro tra una goccia e una zanzara non produce gravi danni: l'insetto subisce il colpo ma non si "spiaccica".

Ci sono persone che attraggono le zanzare molto più di altre?

Non ci sono persone dal sangue più "dolce" o più gradito alle zanzare. Queste, piuttosto, sono attratte dall'anidride carbonica espirata dalle potenziali vittime, dal calore che emettono e da alcune sostanze chimiche (per esempio l'acido lattico) emanate dalla pelle. Data la variabilità di tali fattori, anche l'attrattiva delle "prede" può mutare.

Prurito. Anche la reazione alla puntura non è la stessa per tutti: dipende dalla sensibilità della pelle che, a sua volta, varia con l'età. Si va dai bambini sotto i 4 anni, che non sentono nulla, agli adulti oltre i 40 anni, nei quali la reazione si può manifestare anche 16 ore dopo la puntura. In generale, poi, gli adulti sono punti più dei bambini e degli anziani, gli uomini più delle donne e i "corpulenti" più dei magri, forse perché emettono più calore e anidride carbonica.

Pronta a pungere
Una zanzara femmina al microscopio elettronico.

Gli animali del circo lavorano volentieri?

Secondo gli esperti di comportamento animale, tutto dipende dalla specie. Gli animali domestici non trovano una grande differenza tra lavorare in campagna, tirando un carretto o aiutando nell'aratura, oppure esibirsi al circo.

Per le specie selvatiche, però, la situazione è ben diversa, soprattutto se si tratta di predatori come i leoni o le tigri, costretti a esibirsi con addestramenti che possono prevedere punizioni se l'animale non si comporta in modo corretto.

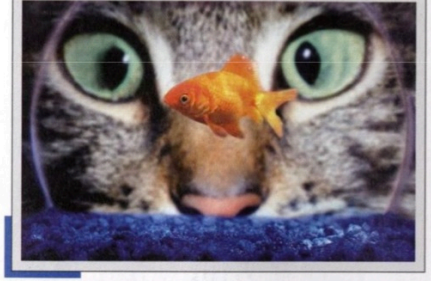
Stressante. A volte, nel caso per esempio degli elefanti indiani, sembra che alcune posizioni (come lo stare seduti eretti) siano sgradite agli animali per lo stress cui sottopongono gli organi interni. Infine, non sempre le condizioni in cui gli animali dei circhi vivono sono ideali: le gabbie sono spesso piccole e in molti Paesi il clima non è adatto alle diverse specie.

Il classico "numero" circense del salto della tigre nel cerchio di fuoco.

Perché alcuni pesci mettono in bocca i sassolini del fondo e poi li sputano?

I motivi possono essere diversi: alcuni pesci erbivori, per esempio, prendono in bocca i sassolini per ripulirli dai resti delle alghe che vi sono depositati. Altri lo fanno per esplorare la zona dove la femmina deporrà le uova, eventualmente pulendola e selezionando i materiali più adatti alla costruzione del nido.

Secondo gli esperti, infine, si può trattare anche di un'attività igienica, che serve ai pesci per liberarsi dai parassiti annidati in bocca. In mancanza di dentifricio e spazzolino.



DISTURBI Anche gli animali possono impazzire?

Si dice comunemente che gli animali di alcuni zoo di vecchia concezione, rinchiusi in gabbie di cemento molto strette, oppure privati della possibilità di stare a contatto con altri individui della stessa specie, si comportino come se fossero impazziti.

Avanti e indietro. È in effetti il comportamento stereotipato (la ripetizione continua di una certa azione, come il passeggiare avanti e indietro degli orsi o l'oscillare sui rami di una scimmia) somiglia molto a certi comportamenti degli esseri umani psichicamente disturbati. Anche in natura, però, soprattutto in periodi di forte stress emotivo, alcuni animali di grandi capacità intellettuali, come le scimmie, possono avere comportamenti simili alla pazzia, che però sono solo temporanei.

Frustrati. Spesso interi branchi di elefanti indiani, costretti in spazi relativamente ristretti per la presenza di villaggi, distruggono i raccolti e le abitazioni degli uomini, ma questo comportamento è dovuto più alla frustrazione che a una vera e propria malattia psichica. Alterazioni importanti del comportamento si hanno poi nel caso di alcune malattie, come la Bse (encefalopatia spongiforme, o sindrome della mucca pazza), che ha colpito molti bovini in Europa. In questo caso però la causa è una proteina alterata che distrugge il cervello. Una malattia simile colpisce anche altre specie, come pecore e cervi.

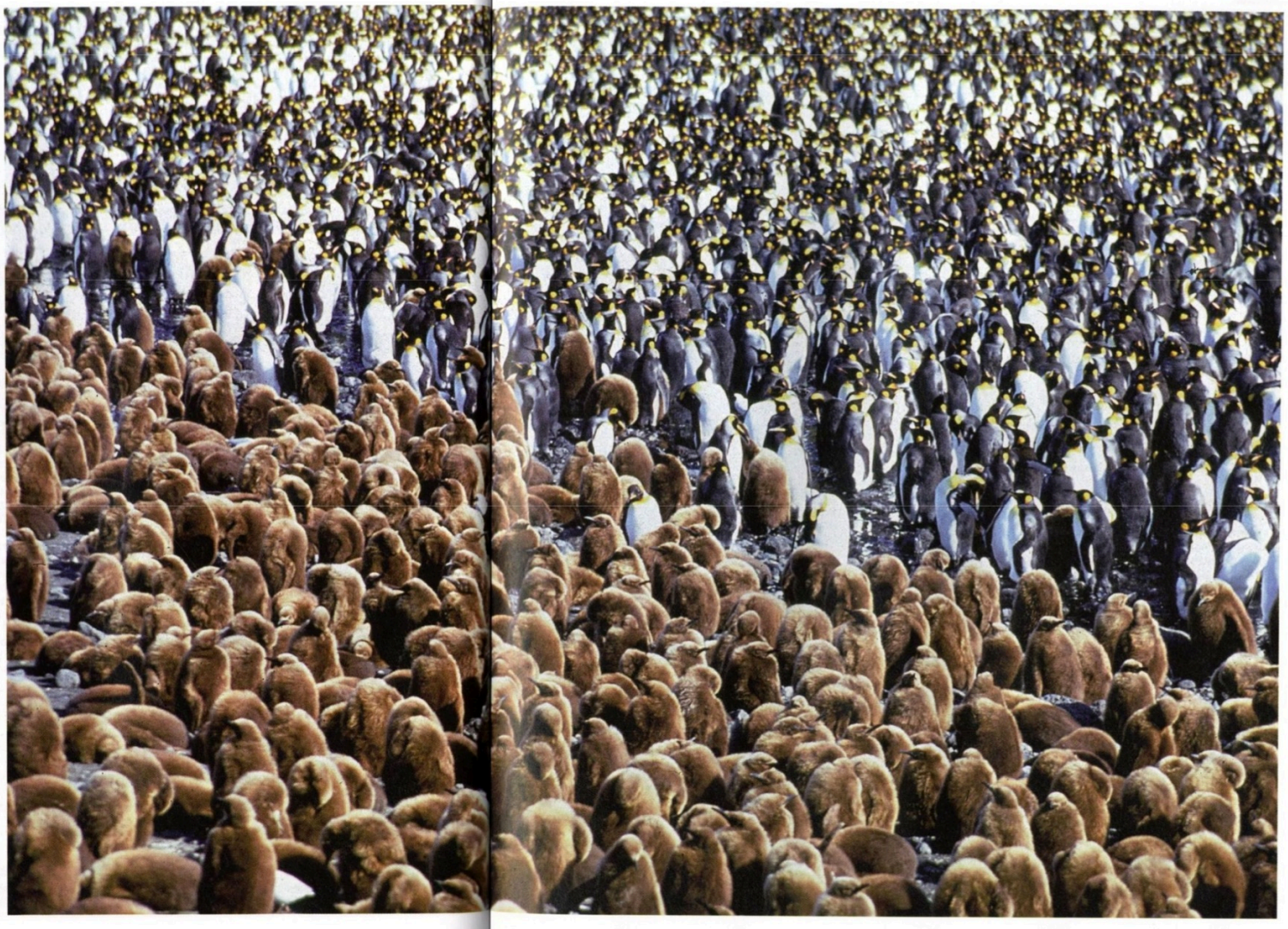
Come fanno i pinguini a ritrovarsi nella folla?

Vivendo in gruppi di diverse decine di migliaia di individui, per i membri di una "famiglia" è fondamentale tenersi in contatto tra loro. Come? Semplice, chiamando.

Chiamandosi l'un l'altro. Lo hanno dimostrato studi condotti sui pinguini reali (*Aptenodytes patagonica*) dell'Antartide. Questi uccelli marini vivono in colonie composte da decine di migliaia di individui, e formano coppie monogame i cui membri si dedicano a turno alla cova e alla cura dei piccoli. Il maschio del pinguino imperatore, addirittura, riscalda tra le zampe le uova fino al momento della schiusa.

Non ti sento! C'è però un problema: la "densità abitativa" e il frastuono sono tali che comunicare con il proprio compagno, e ritrovarlo nella folla, può apparire un'impresa davvero disperata. Studiando una colonia di 40 mila coppie di pinguini reali, alcuni ricercatori francesi hanno scoperto che, per riconoscersi nel caos, adulti e pulcini utilizzano suoni brevi ripetuti (o "sillabici"), modulati in modo diverso da ciascuna "famigliola".

A mitraglia. Quando il vento antartico soffia più intensamente del solito e il rumore è davvero assordante, per rendere le comunicazioni più efficaci i richiami si fanno più frequenti e la "sillabazione" diventa più ravvicinata. ❑



Una colonia di pinguini reali. I piccoli hanno il piumaggio più scuro. Questi uccelli riescono a ritrovarsi nella folla lanciando richiami caratteristici.

Pesciolini con il trucco
Sembrano sguazzare felici in un acquario. In realtà questi pesci rossi sono solo ricamati su un sottilissimo velo di seta.

I pesci rossi

Notizie e curiosità sugli animali domestici più presenti (insieme agli altri pesci d'acquario) nelle nostre case: in Italia ci sono 16 milioni di esemplari.

Quante varietà ci sono?

Esistono circa 300 varietà, selezionate negli allevamenti. Alcune sono molto diffuse, come il classico pesce rosso da luna park. Altre invece sono assai rare e richieste - come il "testa di leone", dall'enorme capo con "criniera", o il colorato "oranda panda" - e possono costare oltre 50 euro a esemplare.

Quanto a lungo vivono?

La durata della vita di un pesce rosso dipende dalla varietà a cui appartiene e dal modo in cui lo si accudisce, ma in generale si tratta di pesci molto robusti e resistenti, veri campioni di sopravvivenza. I più longevi possono arrivare addirittura a 40 anni, anche se quelli che teniamo in casa difficilmente superano i 10 anni.

Di quanta acqua hanno bisogno?

Un rapporto corretto tra la quantità d'acqua e il numero di pesci è fondamentale per la loro salute. Per due individui di 7 cm l'ideale sono 14 litri d'acqua (quanta ne contiene una boccia di vetro di 30 cm di diametro). Ma quando raggiungono i 10-12 cm devono avere a disposizione almeno 10 litri ciascuno.

È vero che...

... ci sono animali con il sangue blu?

Sì: la maggior parte dei molluschi (come il polpo, il calamaro, le chiocciole...) e alcuni artropodi (il limulo, alcuni crostacei come il granchio, il gambero e l'aragosta) hanno il sangue blu.
Rame. Il colore è dovuto a un pigmento respiratorio, l'emocianina, che contiene rame. I pigmenti respiratori sono molecole presenti nel sangue con la funzione di legare l'ossigeno nelle zone dov'è presente in alte concentrazioni (i polmoni o le branchie) e rilasciarlo nelle zone dove le concentrazioni sono basse (i tessuti). Quando l'emocianina è legata all'ossigeno diventa blu.
Ferro. La maggior parte degli animali, però, ha il sangue rosso: lo si deve a un altro pigmento respiratorio, l'emoglobina, che contiene invece ferro.

... un anno per un cane equivale a sette per un uomo?

È soltanto un'approssimazione, basata sul tempo che impiegano le due specie a compiere determinati cambiamenti fisiologici. Un cane è considerato cucciolo fino ai 6 mesi di vita (età alla quale inizia a svilupparsi sessualmente); giovane dai 7 mesi ai 2-3 anni; adulto fino a 7-10 anni, poi anziano.
Sebbene lo sviluppo di un cane sia all'inizio rapido, la crescita successiva è più lenta: il primo anno per un cane equivale ai primi 15 di un uomo, ma un cane di 5 anni è comparabile a un uomo di 35.
Piccolo è meglio. Inoltre ci sono razze che vivono più a lungo di altre: in genere quelle di piccola taglia.

... anche i pesci sudano?

Non in senso tradizionale. La sudorazione, cioè l'evaporazione di acqua (e sali) attraverso la pelle, è caratteristica degli animali di terra, e serve a disperdere nell'aria il calore in eccesso.
I pesci non hanno questo processo di termoregolazione e la temperatura del loro sangue è in genere la stessa dell'acqua. Tuttavia, anche i pesci disperdono i sali in eccesso attraverso la pelle, grazie a speciali cellule.

... gli uccelli non sono dotati del senso dell'olfatto?

La presunta minore capacità olfattiva degli uccelli è una conseguenza del fatto che in loro il senso più sviluppato è la vista.
I bulbi olfattivi, in genere, sono poco sviluppati, ma alcune specie fanno eccezione, tra cui molte di quelle notturne, i pelecànidi, i ràllidi, alcune specie di avvoltoio, gli albatro.
Recenti ricerche hanno inoltre scoperto che alcuni uccelli possiedono bulbi olfattivi relativamente piccoli ma estremamente sensibili ad alcuni odori: è il caso degli indicatòridi, piccoli uccelli africani simili ai passeri che si nutrono di larve e di cera d'api, localizzate proprio per mezzo dell'olfatto.

L'inquinamento causa mutazioni genetiche?

Tra i danni conseguenti alla fuga radioattiva di Chernobyl, nel 1986, si sono registrate varie mutazioni genetiche accelerate, studiate sui topi: quelli vissuti nell'ambiente contaminato hanno avuto un tasso di mutazioni che, naturalmente, avrebbe richiesto circa 10 milioni di anni per verificarsi! Vi è poi un'altra serie di contaminanti ambientali che non causa mutazioni genetiche, ma che altera il normale sviluppo degli animali. La colpa è delle sostanze "ormonosimili" (diossina, Ddt, policlorobifenili, ma anche metalli pesanti come piombo e mercurio) che interferiscono con la crescita.

Raganelle del Pacifico con le zampe deformi.

Indifferenza reciproca
Pinguini ed elefanti marini si ignorano vicendevolmente sull'isola di South Georgia, nell'Atlantico meridionale.

Animali di specie diverse possono comunicare fra loro?

La comunicazione tra specie diverse è poco diffusa, tuttavia ne conosciamo alcuni casi. Per esempio, studiando i complessi segnali che si scambiano i gabbiani, gli ornitologi hanno osservato che messaggi di allarme possono diffondersi anche tra stormi di uccelli differenti. Non è chiaro però se i messaggi vengano decifrati grazie all'apprendimento oppure tramite meccanismi istintivi.

Profittatori. È possibile che persino alci, renne e cervidi in generale traggano vantaggio dai segnali di pericolo emessi dagli uccelli.

Versi di paura o aggressività si manifestano anche nei rapporti tra prede e predatori: una volpe che ringhia a un animale che la attacca attua una procedura di difesa il cui significato si trasmette al di là delle barriere "linguistiche" tra animali diversi.

Perfidia. Infine, vi sono casi di messaggi ingannatori: le lucciole femmine di una specie, quando affamate, imitano il lampeggiare che un'altra specie effettua in risposta a un corteggiatore. In questo modo fanno avvicinare un maschio della specie imitata. E se lo mangiano. ❑

Il pitohui è velenoso.

Esistono uccelli velenosi?

L'unico caso noto è quello dei pitohui, una specie di uccello tipico della Nuova Guinea. Alcuni di essi producono un potente veleno per difendersi dai possibili predatori.
Come le rane. Questa neurotossina si concentra sulle piume e sulla pelle ed è simile a quella di alcune rane. Negli uomini provoca intorpidimento e ustioni.

Perché i cavalli dormono in piedi?

In realtà anche i cavalli, come tutti gli equidi, durante la giornata dormono per alcune ore sdraiati di lato o seduti. Quello che non possono fare è rimanere in tale posizione per molte ore consecutive, perché sono troppo pesanti e la massa dei visceri comprime il diaframma causando difficoltà respiratorie. Così i cavalli si sono adattati a dormire anche in piedi, una dote che per di più permette loro di essere sempre pronti alla fuga. Ma come ci riescono? Intanto non raggiungono quello stato di sonno profondo che fa perdere completamente il tono muscolare, con l'impossibilità dunque di mantenere l'equilibrio. In secondo luogo alternano l'appoggio tra gli arti anteriori e quelli posteriori, riducendo lo sforzo. Infine, possiedono speciali legamenti in grado di bloccare in posizione le articolazioni.

Tutti gli animali dormono?

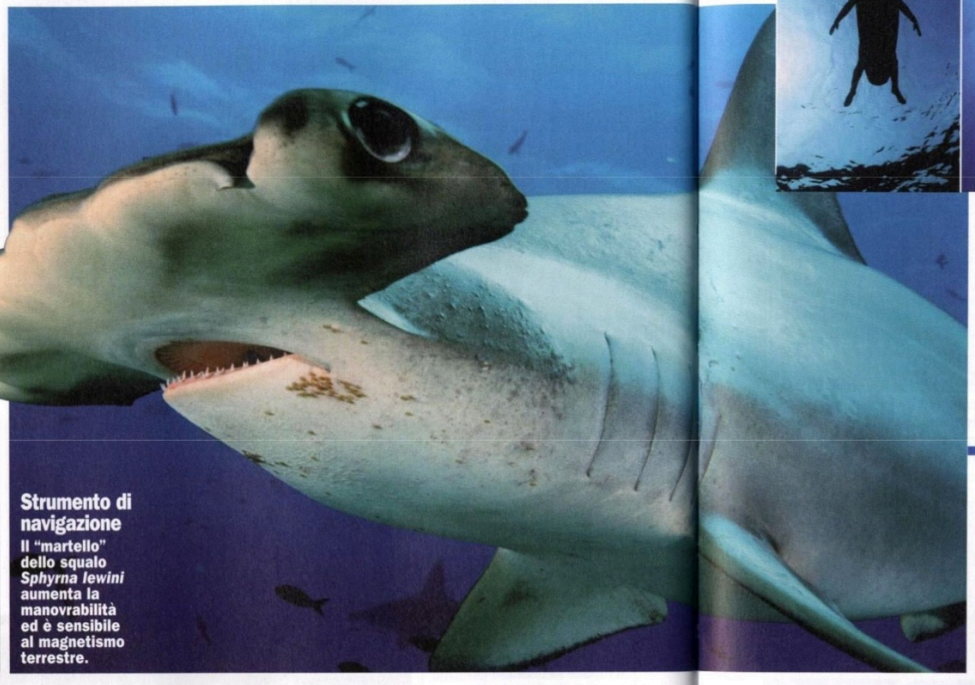
Pur con tempi e modi diversi, tutti gli esseri viventi si riposano: organismi unicellulari, insetti, pesci, anfibi, rettili... Gli uccelli e i mammiferi, poi, alternano fasi di sonno profondo, in cui si riducono le funzioni vitali, a fasi di sonno Rem (da "Rapid eye movement"), in cui sognano. Ma perché si dorme? Per far riposare l'organismo e recuperare energie, sembrerebbe la facile risposta. In realtà non è così semplice. Se è vero che la privazione del sonno può provocare gravi disturbi, fino alla morte, resta il fatto che alcune persone dormono pochissimo (3-4 ore per notte) eppure stanno meglio di quanti riposano le canoniche 8 ore. Perché allora passiamo tutto questo tempo a letto? Nessuno sa ancora spiegarlo. Secondo alcuni, dormire permette alla mente di riposare. Per altri, serve a rallentare il metabolismo e quindi a ridurre il fabbisogno alimentare. Per altri ancora, dormire dà al cervello il tempo di selezionare gli eventi della giornata da memorizzare. Al contrario, c'è chi ritiene che dormire serva a liberare la mente dai ricordi inutili. Quel che è certo è che ogni specie adatta il riposo alle proprie esigenze: i delfini, per esempio, dormono con metà cervello alla volta, 2 ore per parte, così da poter tornare in superficie e respirare. Il rondone, che compie lunghe migrazioni, dorme in volo, anche se lo fa per pochi minuti alla volta.

Con modalità diverse, ma tutti gli esseri viventi dormono.

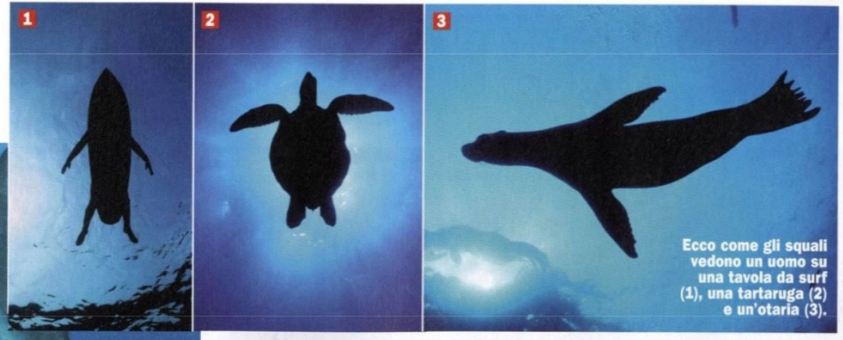
Perché gli squali martello hanno un capo così particolare?

Si ritiene che lo strano capo dello squalo martello, appiattito e largo circa metà della lunghezza del corpo, serva a migliorare l'idrodinamicità del pesce e ad aumentarne le capacità sensoriali. La testa, simile a un'ala, sostiene lo squalo mentre nuota, permettendogli di controllare meglio l'assetto e i cambiamenti di direzione.

Superdotato. Gli occhi, posti alle estremità del largo capo, consentono di avere un campo visivo molto ampio. Inoltre, la vastità della superficie permette di disporre di un gran numero di "ampolle di Lorenzini", organi di senso che servono per orientarsi, funzionando come bussole sensibili al campo magnetico terrestre. Lo squalo martello, infatti, è un migratore: a intervalli regolari enormi gruppi si radunano in aree circoscritte per riprodursi. Le ampolle, visibili sul muso come centinaia di pori, captano anche campi elettrici emessi da altri organismi viventi, aiutando lo squalo a scovare prede nascoste o a cacciare di notte. ❑



Strumento di navigazione
Il "martello" dello squalo *Sphyrna lewini* aumenta la manovrabilità ed è sensibile al magnetismo terrestre.



Ecco come gli squali vedono un uomo su una tavola da surf (1), una tartaruga (2) e un'otaria (3).

Perché gli squali attaccano l'uomo?

Occorre premettere che gli attacchi all'uomo sono molto rari. Tra il 1890 e il 1999, nel Mediterraneo, se ne sono verificati 37 (in media uno ogni 3 anni), 19 dei quali mortali, stando a quanto registrato nel *Mediterranean shark attack file*, un archivio che prende in considerazione unicamente gli attacchi non provocati. Nella maggior parte dei casi i "colpevoli" sono squali bianchi, verdesche o (fuori dal Mediterraneo) squali tigre.

Menu a sorpresa. Si tratta quasi sempre di... sviste. Quando attaccano un nuotatore o, più spesso, un surfista o una piccola imbarcazione, gli squali credono infatti di avventarsi su una delle loro prede preferite: foche e tartarughe marine. Osservando le foto qui sopra si può notare come un surfista (a sinistra), una tartaruga (al centro) e un'otaria (a destra) visti dal basso siano molto simili. E gli squali attaccano proprio emergendo rapidamente dalle profondità marine verso la superficie, mirando alle sagome in controluce.

Come riescono ad accoppiarsi le tartarughe?

Le tartarughe sono animali solitari e gli unici incontri avvengono per l'accoppiamento (nella foto): il maschio ha un istinto sessuale molto forte, che lo spinge, durante la stagione degli amori, a camminare per vari chilometri alla ricerca di una compagna.

Inseguimento. Quando la incontra, spesso deve inseguirla a lungo e, una volta raggiunta, la immobilizza mordendole le zampe e il collo. La fecondazione è interna: il maschio possiede un unico e grosso organo copulatore, molto dilatabile.

Sbuffi. Per facilitare la monta, il piastrone (la parte ventrale del carapace) ha forma diversa nei due sessi: piatto nella femmina e concavo nel maschio. Quest'ultimo, durante la copula, si aggrappa ai margini anteriori o posteriori del carapace della femmina. Nel frattempo emette sbuffi e sibili.

Riserva. Gli spermatozoi possono essere trattenuti in un diverticolo dell'apparato genitale femminile, ed essere poi utilizzati per fecondare le uova fino a quattro anni dopo la copula.

Iguana al guinzaglio.

Quali animali addomesticheremo nel prossimo futuro?

L'addomesticamento è un processo lungo e radicale, in cui il comportamento o la morfologia dell'animale sono modificati profondamente dall'uomo mediante la selezione artificiale. Oggi è in costante aumento il numero dei cosiddetti "nuovi animali da compagnia": specie esotiche come per esempio l'iguana, un rettile molto popolare ma di difficile gestione. L'adulto raggiunge dimensioni inaspettate, e non è un animale docile, frustando spesso con la potente coda e mordendo. Molte altre sono le specie che si stanno invece cominciando ad allevare, e che un giorno potranno forse essere addomesticate.

In Italia sono 400 gli allevamenti di cervidi per il consumo di carne: soprattutto daini (l'80%) e in misura minore cervi (13%) e caprioli (7%). Anche lo struzzo e, in Australia, il canguro e l'emù sono sfruttati per la carne. Coccodrilli e caimani sono invece allevati in Africa, Australia e America.

Il veleno delle meduse può essere mortale?

Vasca di meduse: il loro tocco può anche uccidere.

Chironex fleckeri è la medusa più pericolosa che si conosca. Il suo veleno provoca intensi spasmi respiratori, paralisi muscolare, arresto cardiaco e può causare la morte in pochi minuti. Fa parte delle cubomeduse: l'ombrella, il cui diametro arriva a 15 cm, ha forma di cubo con gruppi di tentacoli, lunghi fino a 5 m, che partono dai 4 angoli inferiori. Sono anche chiamate vespe di mare, poiché la loro puntura è molto dolorosa. Vive nelle acque australiane e sale in superficie solo all'alba e al tramonto, mentre nelle altre ore del giorno rimane sul fondo. Un'altra medusa australiana molto pericolosa è la piccola irukandji (*Carukia barnesi*): colpisce il sistema nervoso nel giro di mezz'ora e le vittime devono essere subito trasportate in ospedale. La prima morte attribuitale con certezza risale solo al gennaio del 2002. Forse perché è praticamente invisibile: grande come una nocciola (2 cm di diametro), è trasparente e con tentacoli molto sottili, lunghi un metro. ❑

Com'è la vita sessuale degli animali?

Nel comportamento sessuale animale si osservano pratiche che, se avvenissero nella società umana, sarebbero considerate riprovevoli. Ma il concetto di perversione non è applicabile agli animali, perché non possiedono codici morali. Il bonobo, o scimpanzé pigmeo, è tra tutti il più "lascivo". Ricorre al sesso in ogni circostanza, senza limitazioni di età o di genere, come efficace mezzo per mantenere la pace e l'armonia sociale. Anche i delfini hanno un'intensa vita sessuale: si masturbano fin dall'infanzia e hanno rapporti promiscui, col solo scopo di socializzare. Comportamenti omosessuali sono stati osservati in 450 specie, tra cui gorilla, orangutan, elefanti, cervi, struzzi, balene, koala.

Per forza È stato descritto anche lo stupro, attuato per aumentare il successo riproduttivo. I maschi della pecora delle Montagne Rocciose privi di territorio si aggirano nell'area di un dominante senza farsi notare; all'improvviso si precipitano su una femmina, accoppiandosi con essa in corsa, poiché la poverina tenta di sottrarvisi. Anche i gruccioni (un uccello) della specie *Merops bullockoides* non sono proprio dei cavalieri: una volta fecondata la loro compagna fissa cercano nuove femmine. Queste ultime vengono abbattute al suolo e, nonostante cerchino tenacemente di resistere, subiscono una copulazione forzata.

Orge. Anche i serpenti giarrettiera ne approfittano appena possono, poiché la loro stagione di attività è molto corta. Si raggruppano nello stesso luogo per superare l'inverno insieme e, quando in primavera si svegliano, prima di prendere ognuno la propria strada si abbandonano a un'orgia sfrenata: i maschi strisciano sulla schiena delle femmine cercando di accoppiarsi per primi.

Tre cervi americani (una femmina e due maschi) durante l'accoppiamento.

Un entomologo a caccia di insetti in Costa Rica usa la luce per attirarli.

Perché gli insetti sono attratti dalla luce?

Non tutti gli insetti rispondono ugualmente allo stimolo luminoso. Lepidotteri, ditteri, coleotteri e molte altre specie posseggono un "fototropismo positivo", sono cioè attratti dalla luce; le blatte, al contrario, l'hanno negativo, cioè la rifuggono. I motivi per cui la luce funge da attrattiva sono diversi: nelle lucciole l'emissione luminosa serve da richiamo.

Altre specie si servono della luna per orientarsi nei voli notturni, e sono fuorviate e attratte dalle luci artificiali, più intense.

Abbaglio fatale. Alcuni insetti possiedono poi speciali recettori dietro gli occhi, grazie ai quali distinguono la luce ultravioletta, risultandone irresistibilmente attratti. Una peculiarità sfruttata dall'uomo per eliminarli, associando lampade a emissione di luce Uv a griglie elettrificate o superfici collanti. ❑

Fino a che altitudine gli insetti sono in grado di volare?

Dipende dalla temperatura dell'aria: la maggior parte degli insetti può volare solo quando è superiore a 10 gradi centigradi. Poiché la temperatura diminuisce con la quota, se l'aria al suolo è a 32 °C il limite dei 10 °C si trova a circa 1.800 m; se invece a terra ci sono 21 °C, si è a 10 °C già a 1.100 m.

In genere si è visto che le migrazioni degli insetti sono confinate entro i primi 2 km dell'atmosfera.

Il record assoluto è stato tuttavia registrato sul ghiacciaio dello Zemu, nell'Himalaya orientale, a 5.791 m: si trattava di uno stormo di piccole vanesse dell'ortica (*Aglais urticae*).

Perché si radunano in colonne?

In estate accade di osservare, specie al tramonto, strane formazioni scure sopra le cime degli alberi: si tratta di nugoli d'insetti, in genere zanzare, che si dispongono in colonne verticali. Ciò accade perché al calar della sera gli alberi dissipano calore creando colonne d'aria calda che si muove verso l'alto. Gli insetti vengono irresistibilmente attratti dall'aria più calda e umida. In particolare le zanzare femmina, alla ricerca di sangue per maturare le uova, cercano l'aria calda e umida che circonda gli esseri viventi, e la colonna d'aria che si alza dagli alberi le trae in inganno.

Perché muoiono a pancia in su?

Non tutti muoiono così. Dipende dalla forma dell'insetto. Quelli più alti che larghi "cadono" di lato e rimangono stesi su un fianco.

Quelli larghi ma bassi invece tendono a rimanere nella posizione normale, ma può capitare che le zampe si rattrappiscano e che quindi rotolino sul fianco o sul dorso.

Alcuni insetti, infine, quando avvertono un pericolo si mettono gambe all'aria simulando di essere morti. Vengono traditi proprio dalle zampe: se sono serrate al corpo l'animale è vivo, se sono disposte a caso è morto sul serio.

Pecore australiane "equipaggiate" con misuratori di metano.

È possibile effettuare una misurazione del metano prodotto dagli animali?

Un quinto di tutto il metano generato da attività collegate all'uomo ha origine dagli animali da fattoria. Una sola mucca rilascia in un giorno quasi 600 litri di metano, sufficienti a gonfiare 40 palloncini. I batteri della flora intestinale presenti nel rumine e nell'intestino decompongono e fermentano il materiale organico producendo metano, uno dei gas responsabili dell'effetto serra.

"Petòmetri". Le tecniche per misurare le quantità emesse sono molteplici: da calcoli di tipo teorico, che tengono conto della fermentazione del cibo in funzione di vari elementi (dieta dell'animale, condizioni della stalla ecc.), a sistemi di misurazione diretta. Sia all'interno della stalla, sia mentre gli animali brucano tranquillamente in un prato, circondati da strumenti che captano, misurano e analizzano il gas intestinale emesso (considerando anche la velocità e la direzione dei venti, la temperatura dell'aria e il soleggiamento).

Perché i cani girano su loro stessi prima di accucciarsi?

Questo comportamento, comune anche ai gatti, è un retaggio di quando queste specie erano selvatiche.
L'abitudine di girare su se stessi prima di accucciarsi per dormire poteva servire ad appiattire l'erba e a liberare il suolo da ramoscelli o altri detriti così da renderlo più confortevole. Non è escluso che fosse utile anche per verificare, con un rapido giro d'orizzonte, l'assenza di nemici.

Come nella foresta
Cani e gatti hanno ereditato l'abitudine di girare su loro stessi dagli antenati selvatici.

Perché piegano la testa di lato quando gli si parla o sentono suoni insoliti?

Di certo ha a che fare con le funzioni dell'udito e forse anche della vista; un po' come le persone miopi che strizzano gli occhi per vedere meglio. Gli studi comportamentali hanno comunque messo in evidenza che non sempre i cani inclinano la testa quando ci si rivolge loro. Prevalentemente lo fanno quando l'interlocutore è a una distanza superiore a 1,2 m e al di sopra della loro testa.
Inoltre questo tipo di reazione si verifica quasi sempre quando il tono di voce dell'interlocutore è interrogativo. Proprio come accade a volte agli umani.

La lana migliore è quella che cresce sul dorso.

Quanta lana produce una pecora?

Dipende dalla razza. Nei maggiori Paesi esportatori (Australia, Nuova Zelanda, Argentina e Uruguay) si utilizzano razze selezionate per produrre lana in gran quantità e di qualità ottima: la resa supera i 5-6 kg per capo, quanto basta per 12 maglioni. In Italia la resa è inferiore: da 3-4 kg di lana sucida di pecora (o da 6 di ariete) si ricavano in media, dopo i trattamenti di battitura e lavatura, 1,5 kg.

Lana pregiata. Le pecore possono essere tosate una volta l'anno per ottenere lana con fibra lunga, o due per avere più lana ma con fibra corta. La qualità dipende anche dalla parte del corpo da cui viene prelevata: la più pregiata è quella del dorso.

Nido in multiproprietà
I nidi comunitari dei tessitori sono così grandi da ospitare a volte anche uccelli di altre specie.

Ci sono uccelli che fanno nidi comunitari?

Tra tutti gli uccelli, i tessitori sono forse i più esperti costruttori. Hanno una spiccata socialità, e i passeri repubblicani (*Philetairus socius*) costruiscono un nido comune, il più elaborato che si conosca: compongono un reticolo di rami robusti, su cui dispongono grandi quantità di paglia, creando più camere cui si accede tramite tunnel: come un palazzo con tanti appartamenti, in cui vivono anche più di 300 individui. Il nido comunitario raggiunge notevoli dimensioni e può restare in uso per più di 100 anni. Ogni coppia occupa una camera, ma i tessitori che vivono nel deserto si riuniscono - nelle fredde notti - in poche camere, per conservare il calore corporeo.

Occhio di gufo. Un grande pericolo per la colonia è costituito dal cobra, che può arrampicarsi fino al nido in cerca di uova e giovani uccelli. Il gufo reale maculato africano, invece, è un alleato: veglia in cima al nido, catturando i serpenti. ❑

La superlingua di un boxer in un concorso negli Stati Uniti.

Quanto può essere lunga la lingua di un animale?

Il più "linguacciuto" è il formichiere gigante del Sud America: 1 m di lingua appiccicosa (per soli 15 mm di diametro) rispetto a 1,2 m di lunghezza dell'animale. In confronto, l'oritteropo ha una lingua di "appena" 45 cm, mentre il pangolino si accontenta dei suoi 25 cm.

Qual è la lingua più sensibile al gusto?

Quella dei pesci. Le cellule responsabili della sensibilità gustativa, che nei mammiferi sono concentrate sulla lingua (papille), nei pesci si estendono a tutta la cavità orale e anche al di fuori, in alcune specie fin sulla pinna caudale.

Quanto può pesare?

Il primato della lingua più grossa spetta alla balenottera azzurra: 4 tonnellate di peso.

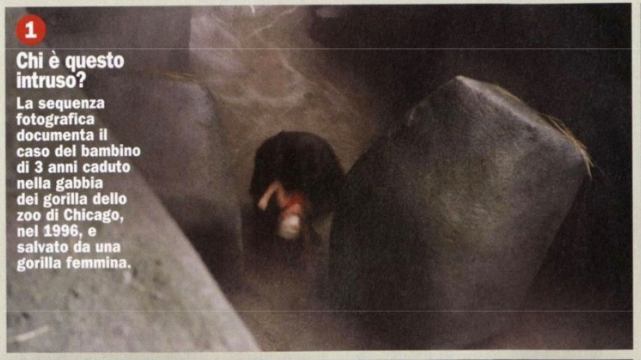
L'ape con il codice a barre
Un'ape comune (*Apis mellifera*) con un codice a barre che contiene informazioni recuperabili da un lettore laser portatile. Questa marcatura permette di studiare le attività di ogni singolo insetto.

Che cos'è l'etologia?

È una scienza giovane: ha solo settant'anni. In questo periodo, però, ci ha permesso di ribaltare le convinzioni che avevamo sugli animali. Si è scoperto per esempio che, oltre ad agire per istinto o per "imprinting" (l'apprendimento precoce), molte bestie sono in grado di ragionare, scegliere ed esprimere giudizi.

Nello zoo di Chicago un bimbo di tre anni cade, e sviene, nella gabbia di una gorilla femmina. La gorilla si avvicina, lo prende in braccio delicatamente, poi lo deposita davanti alla porta attraverso cui passa di solito il guardiano. È un fatto accaduto realmente, nel 1996. Cosa ha portato la gorilla a comportarsi così? Forse un senso di protezione materna. Ma qual è la molla che lo ha fatto scattare? La gorilla era, per esempio, consapevole del fatto che il bambino aveva perso conoscenza e aveva urgente bisogno di aiuto? Avrebbe fatto la stessa cosa se, invece di un bambino, si fosse trattato di un adulto, oppure di un gatto? Sono questi i temi di ricerca dell'etologia, la disciplina scientifica che studia il comportamento degli animali. Konrad Lorenz, che è stato forse l'etologo più famoso, ha scoperto che l'istinto di protezione viene provocato da una serie di caratteristiche anatomiche chiamate "schema infantile": testa bombata, occhi grandi, orecchie arrotondate se si tratta di un mammifero, becco molto corto se si tratta di un uccello. Chi le possiede viene inequivocabilmente riconosciuto come cucciolo. Si tratta di un riconoscimento istintivo, viene effettuato sia dagli adulti che dai piccoli, ed è valido per molte specie, dall'uomo all'opossum. E il fatto che sia condiviso da tutti gli animali può spiegare, come forse nel caso della gorilla, l'adozione tra specie diverse e il blocco dell'aggressività, che invece si scatena come risposta di competizione tra individui maturi.

LA GERARCHIA
Le precedenze nel cibarsi sono un indice di organizzazione sociale, che può essere ramificata (come nelle leonesse, foto) o di dominanza, come nelle galline.



1

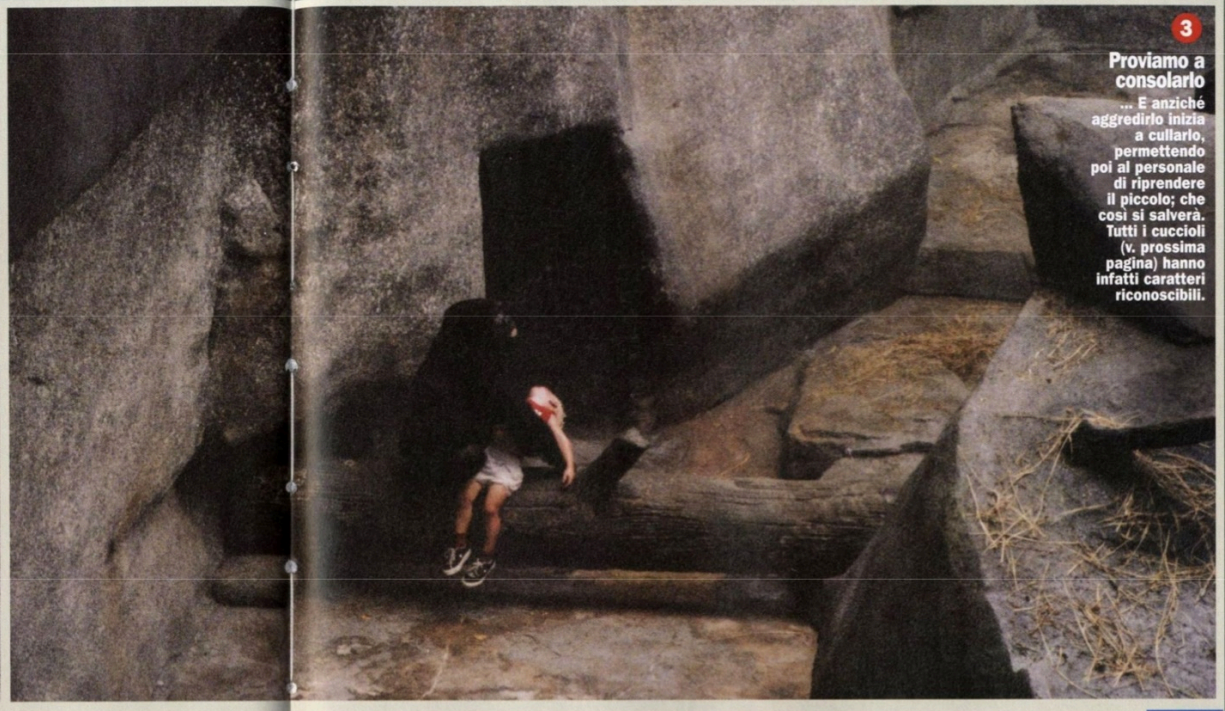
Chi è questo intruso?

La sequenza fotografica documenta il caso del bambino di 3 anni caduto nella gabbia dei gorilla dello zoo di Chicago, nel 1996, e salvato da una gorilla femmina.

2

È piccolo, forse sta male

Nelle foto scattate dal falegname Usa Robert Allison, si nota la gorilla che riconosce l'intruso come un cucciolo, sia pure di una specie diversa dalla sua...



3

Proviamo a consolarlo

... E anziché aggredirlo inizia a cullarlo, permettendo poi al personale di riprendere il piccolo; che così si salverà. Tutti i cuccioli (v. prossima pagina) hanno infatti caratteri riconoscibili.

La risposta a uno stimolo

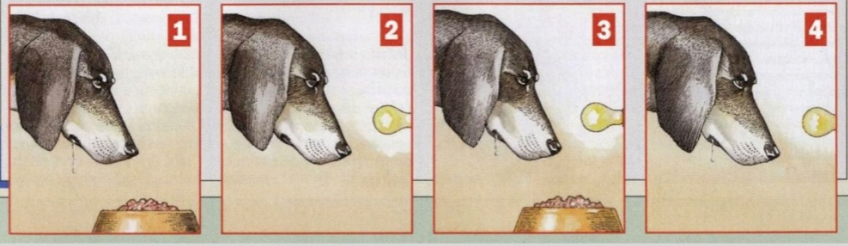
Spiegare i comportamenti degli animali, capire quali di essi vengono ereditati dai genitori, e quali vengono invece imparati nel corso della vita, interpretare i loro gesti, il linguaggio, e persino il loro grado di comprensione del mondo, sono i compiti dell'etologia. L'etologia è una disciplina abbastanza recente: risale agli anni Trenta. Il primo a studiare il comportamento fu però Charles Darwin, il padre dell'evoluzionismo, alla fine dell'Ottocento. Ma cos'è esattamente il comportamento animale? È la gamma di reazioni che un organismo dimostra quando gli viene proposto uno stimolo. Proviamo a fare un esempio: a una scimmia, e allo stesso modo potrebbe anche trattarsi di una persona, viene fatta vedere una mela (stimolo). La scimmia può dimostrare interesse (reazione positiva) oppure rimanere indifferente (reazione neutra) o ancora può rifiutare il frutto perché lo trova disgustoso (reazione negativa). Nel primo caso le reazioni (sequenza comportamentale) sono queste: alzata di sopracciglia, estensione della zampa anteriore e della mano. Infine la mela viene portata alla bocca. Per uno zoologo l'animale attiva una risposta basata su serie di reazioni fisiologiche. La luce riflessa dalla mela viene percepita dai recettori visivi, vale a dire gli occhi, il suo odore colpisce le cellule olfattive, cioè il naso, il cervello elabora l'immagine e trasmette un impulso alla mano, tramite le fibre nervose. Da questo punto di vista la scimmia può essere perfino paragonata a una macchina. La successione di azioni, l'elaborazione dell'informazione e le scelte successive però la rendono diversa. Ed è proprio di questo che si occupa l'etologia.

Comportamenti istintivi

Supponiamo ora che un osservatore esterno prenda nota di tutta la sequenza e la confronti con quella relativa ad altre scimmie della stessa specie. Scoprirà che ci sono elementi comuni, sui quali si

Pavlov e l'esperimento dei riflessi condizionati

Ivan Pavlov era un fisiologo russo. Stava studiando il riflesso della salivazione, quando scoprì che per stimolarlo non era necessaria la presenza di cibo: (1) il cane davanti alla ciotola saliva spontaneamente. **Finalmente si mangia!** (2) Davanti alla lampadina non ha invece nessuna reazione. (3) Se però la lampadina viene accesa ogni volta che si presenta il cibo, dopo un certo numero di prove il cane associa i due stimoli e (4) quando viene accesa la lampadina saliva perché è sicuro che gli stia per essere offerta la ciotola di carne.



L'"IMPRINTING"
Scoperto da Konrad Lorenz, l'imprinting è un tipo di apprendimento che avviene nelle prime fasi di vita, ed è responsabile del legame genitore-prole.

IL "GROOMING"
L'etologa Jane Goodall osserva due scimpanzè che effettuano il grooming (pulizia reciproca del pelo). Questa pratica, è stato scoperto, serve a mantenere le gerarchie del gruppo.

innescano variazioni. Il primo rebus che dovrà risolvere sarà riconoscere gli uni dalle altre. I primi infatti sono comportamenti innati: sequenze di azioni che vengono ereditate dai genitori e sono codificate da geni, al pari del colore del pelo o della forma del muso. Un comportamento istintivo è sempre lo stesso per ogni organismo che appartiene a una determinata specie, si manifesta dalla più tenera età, non si modifica anche se cambiano le condizioni esterne. Il primo ad accorgersi dell'esistenza di meccanismi innati fu Nikolaas Tinbergen, nel 1938. I giovani gabbiani reali, per essere nutriti, beccano il becco dei genitori, che è giallo con una macchia rossa sulla parte superiore. Tinbergen scoprì che a scatenare la richiesta non è il genitore, ma la macchia rossa, persino quella disegnata su un becco di gesso.

Apprendimento precoce

Le variazioni, se non sono dovute a fattori fisiologici, fanno parte invece del comportamento appreso che, pur essendo legato a uno schema ereditato geneticamente, dipende dalle precedenti esperienze dell'animale. In realtà molti studiosi sostengono che la differenza tra istinto e apprendimento non è così netta. Un particolare tipo di comportamento appreso però è l'imprinting, studiato da Konrad Lorenz. È un apprendimento precoce e, proprio perché arriva per primo, non viene mai dimenticato. Grazie all'imprinting i pulcini seguono la gallina. Ma se l'uovo si schiude in presenza di un uomo, identificano lui come mamma. Un animale può apprendere in vari modi, uno dei quali è l'associazione.

Informazioni da genitore a figlio

Il più celebre studioso di questo fenomeno fu Ivan Pavlov, che studiò i riflessi condizionati sul cane. Il cane quando vede il cibo produce saliva. Se inizialmente, ogni volta che si presenta la ciotola, si accende una lampadina, alla fine si ottiene la stessa reazione anche se c'è la luce ma non c'è nulla da mangiare. Pavlov era un comportamentista: studiava gli animali in laboratorio. Gli etologi invece studiano gli animali nel loro ambiente, e analizzano se un certo tipo di comportamento ha contribuito o meno al successo evolutivo di una specie.

La più alta forma di apprendimento è la trasmissione dell'informazione da genitore a figlio. Prevede la capacità di scelta e consente variazioni individuali. Richiede però un grado elevato di organizzazione sociale, come per esempio quello delle api e dei primati, dunque non è molto diffusa.

Per capire il significato dei gesti che compie l'animale, l'etologo deve poter riconoscere ciascun tipo di comportamento. Dovrà dunque compilare un catalogo delle reazioni (etogramma) effettuando un grande numero di osservazioni. In ogni caso dovrà distinguere quali comportamenti sono una risposta effettiva a uno stimolo esterno (la mela) e quali invece provengono dall'interno (la scimmia ha mal di stomaco).

E questo risulterà ancora più difficile se l'animale osservato, invece che essere una scimmia, apparterrà a una specie meno affine alla nostra. In questo caso infatti è necessario comprendere il significato di gesti, come grattarsi o muovere le orecchie, che apparentemente non c'entrano. In questi ultimi anni molti strumenti, come la Tac, hanno permesso lo studio del cervello e la localizzazione delle aree cerebrali alle quali corrispondono il controllo di alcuni particolari movimenti, oppure la capacità di riconoscersi allo specchio. Inoltre, la genetica sta aiutando sempre di più a distinguere tra ciò che viene ereditato e ciò che invece viene influenzato dall'ambiente e dall'apprendimento dovuto all'esperienza.

L'etologia ha poi esteso gli studi anche all'uomo. E, sorprendentemente, le nuove conoscenze stanno fornendo chiavi anche per comprendere meglio gli animali. ❑

LO SCHEMA INFANTILE
Occhi grandi, muso corto, orecchie tonde: tutti i cuccioli (come questo leopardo) si riconoscono da queste caratteristiche.

IN DUE SECOLI Chi sono i "padri" dell'etologia?

CHARLES DARWIN (1809-1882)
Secondo lo scienziato, padre della teoria dell'evoluzione, un comportamento sbagliato favorisce l'estinzione tanto

quanto una caratteristica fisica che rende difficile la sopravvivenza. I libri di etologia di Darwin sono: *Le espressioni delle emozioni nell'uomo e negli animali* e *La formazione della terra vegetale per l'azione dei lombrichi con osservazioni intorno ai loro costumi*.

KARL VON FRISCH (1886-1983) Viennese, vinse il premio Nobel nel 1973 per le sue ricerche sulla biologia del comportamento. Fu il primo a scoprire che le api hanno un linguaggio basato su

diversi tipi di danze, grazie alle quali ciascun individuo fornisce informazioni preziose per la sopravvivenza di tutta la società che vive nell'alveare.

KONRAD LORENZ (1903-1989)
Austriaco, premio Nobel nel 1973 insieme a Von Frisch e Tinbergen per la medicina e la biologia, ha studiato il comportamento di vari animali e soprattutto delle

anatre. Le sue scoperte più importanti riguardano le differenze tra i comportamenti istintivi e quelli acquisiti attraverso l'apprendimento.

NIKOLAAS TINBERGEN (1907-1988)
Olandese, premio Nobel. Il suo libro più importante è *Lo studio dell'istinto*, nel quale lo scienziato illustra le sue teorie sul comportamento innato, cioè quello che si presenta negli animali già

nelle prime fasi di vita e, come le caratteristiche fisiche, si manifesta in modo tipico in ciascuna specie.

IRENÄUS EIBL-EIBESFELDT (1928-)
Lo scienziato austriaco, allievo di Konrad Lorenz, si è dedicato quasi interamente allo studio del comportamento umano. Collaboratore del Max Planck Institut, dirige

un centro di ricerca per l'etologia umana fondato nel 1975. Ha compiuto ricerche in moltissimi Paesi, documentando con sequenze fotografiche un gran numero di comportamenti umani.

Gli animali ragionano?

Pensare, ragionare e prendere decisioni non sono prerogative esclusivamente umane. Sanno farlo anche "loro", così come sanno comunicare e dare informazioni.

Si chiamava Clever Hans, l'intelligente Hans. Era un cavallo, ed era in grado di risolvere problemi di aritmetica. Nel 1904 Oskar Pfungst, un ricercatore, scoprì la vera abilità di Hans: rilevava gli impercettibili suggerimenti che provenivano dal pubblico. Fu una delusione e, nonostante all'epoca in molti sostenessero che gli animali potevano ragionare, gli scienziati abbandonarono del tutto gli studi sul loro pensiero. Negli ultimi anni però le ricerche sono riprese. E stiamo scoprendo che i comportamenti complessi non dipendono solo dall'istinto o da necessità di sopravvivenza. Gli animali sanno trovare soluzioni a problemi che non hanno mai incontrato prima non solo perché procedono per tentativi ed errori, ma anche perché sanno, come noi, prevedere i risultati di ciò che fanno.

Vita sociale e difesa comune

Lo chiamano effetto Darling, dal nome del suo scopritore, un ornitologo. Consiste in questo: alla sola vista delle coppie che si formano durante la stagione riproduttiva, gli uccelli che non hanno trovato ancora un partner sviluppano lo stesso le gonadi sessuali. Guardoni? No. «Si tratta invece di un meccanismo di sincronizzazione migliore di quelli che si basano sulla durata del giorno, la temperatura o altri fattori ambientali» dice Stella Conte, docente di psicologia all'Università di Cagliari e membro della Società italiana di etologia. Da qualche anno sta tenendo sotto controllo una colonia di gabbiani reali. «Se i piccoli nascono tutti insieme hanno maggiori probabilità di sopravvivere» spiega. Per proteggere la nuova generazione, quando un predatore si avvicina a una colonia i gabbiani effettuano il mobbing: un attacco collettivo per allontanare il nemico prima che possa fare danni. Il mobbing è molto diffuso tra gli animali. Lo praticano i babbuini, i cervi pomellati e persino le api. «E gli uccelli, anche se appartengono a specie diverse, usano richiami simili per avvertire i compagni: suoni che durano un decimo di secondo e hanno frequenze inferiori a 8 kilohertz» continua Conte.

Non "a pappagallo"
Il pappagallo Alex (a destra) con Irene Pepperberg, la sua istruttrice. Alex usa ben 50 parole, e ne comprende il significato.

Memoria da tartaruga
Piccole tartarughe appena nate su una spiaggia della Florida: abbandonano il nido per raggiungere l'oceano Atlantico. Da adulte torneranno ancora in questa zona, per riprodursi.

Un coccodrillo australiano con un radiotrasmettitore. Serve per seguirne gli spostamenti.

Che strumenti usa un etologo?

Il mestiere dell'etologo è molto cambiato. I primi ricercatori avevano a disposizione un binocolo e un taccuino, e per identificare ogni individuo usavano targhette metalliche.

Anche il Gps. Ora per raccogliere informazioni sul comportamento animale si utilizzano invece strumenti ad alta tecnologia: radiocollari e segnalatori collegati al sistema Gps, binocoli a raggi infrarossi per osservare gli animali anche durante le attività notturne e, ovviamente, telecamere, registratori, rilevatori di ultrasuoni.

Luce filtrata. Per capire che cosa fa l'animale, inoltre, a volte è necessario mettersi nei suoi panni: le api e le formiche, per esempio, si orientano in base alla luce polarizzata, e un filtro polarizzatore permette di vedere la direzione dei raggi. Elettrodi miniaturizzati aiutano infine a individuare la sensibilità alle variazioni del campo magnetico degli uccelli migratori.

Una tenda per il conteggio degli insetti: sono stati intercettati durante la migrazione.

Nelle colonie di gabbiani ci sono "mobber" attivi, che partono in picchiata, e "mobber" passivi che si limitano a ruotare sull'intruso. In questo modo raccolgono informazioni preziose, come l'età del predatore, la direzione presa, se rappresenta un pericolo per gli adulti, per i pulcini o per le uova, come conduce l'attacco e come risponde al mobbing. I gabbiani hanno grandi capacità di discriminazione, e buona memoria. Quando il predatore si ripresenta, lanciano un allarme calibrato in funzione del rischio. Sottostimarlo porta alla distruzione dei nidi e alla morte, ma anche una valutazione sbagliata per eccesso creerebbe problemi. Gli uccelli infatti partirebbero in volo, lasciando incustodita la colonia.

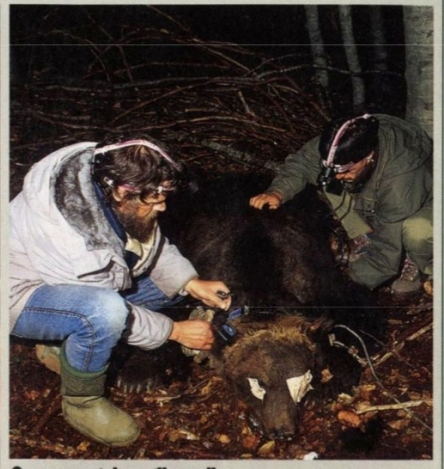
C'è poi un uccello bravissimo a convincere altri ad aiutarlo. Si chiama indicatore dalla gola nera (*Indicator indicator*) e vive in Africa. La sua astuzia? Prima esplora con cura l'area in cui vive in cerca di alveari. Poi, quando ne trova uno, attira l'attenzione del tasso del miele (a volte dell'uomo) e lo invita a seguirlo lanciando richiami sempre più forti. Quando finalmente il favo viene aperto dal tasso, l'indicatore si posa per mangiare le larve e la cera.

La forma più evoluta di comunicazione è il linguaggio. Secondo Robin Dunbar, docente di psicologia all'Università di Liverpool (Inghilterra), quello umano è però solo una forma più evoluta del grooming, la pulizia del pelo, praticato dalle scimmie. «La sua tesi è questa: le scimmie si lisciano e si spulciano a vicenda soprattutto per mantenere gerarchie e fornire informazioni. Vivono però in gruppi ristretti. Gli uomini primitivi, invece, vivevano in gruppi sempre più grandi, ed era impossibile praticare il grooming a tutti. Per continuare a scambiare notizie dunque inventarono gesti e parole» spiega Augusto Vitale, etologo. Nelle sue ricerche sull'uistitì, una piccola scimmia amazzonica, ha scoperto che i membri di una famiglia si influenzano molto tra di loro. Davanti a un nuovo alimento i piccoli si regolano in base al comportamento degli adulti.

Anche altri animali però stanno dimostrando doti interessanti. Uno dei più famosi è Alex, un pappagallo di 22 anni allevato all'Università dell'Arizona, a Tucson. Pronuncia e comprende il significato di 50 parole, classifica gli oggetti in base al colore, alla forma e al materiale di cui sono fatti e ha imparato concetti astratti come "uguale" e "diverso". Washoe, uno scimpanzé che da anni viene studiato all'Università di Washington, ha invece imparato a parlare con il linguaggio dei segni, e lo ha insegnato ad alcuni membri della sua famiglia.

I macachi rhesus che abitano nell'isola di Cayo Santiago, al largo di Portorico, vivono in grandi comunità. Essere in tanti però non significa avere un'organizzazione sociale. Molti animali si trovano insieme solo perché condividono il cibo, o si difendono meglio dai predatori. Il fatto di seguire regole potrebbe insomma essere legato solo a

Arnia senza segreti
Api allevate all'Università di Ithaca, New York. Il contrassegno serve per studiare il ruolo di ciascun individuo nella comunità.



Orso con guinzaglio radio
Sopra, uno zoologo (a sinistra), con l'aiuto di un veterinario, monta un radiocollare a un orso marsicano.

PERCHÉ I CUCCIOLI PASSANO MOLTO TEMPO A GIOCARE?

Gli animali, così come l'uomo, si divertono molto giocando. Giocare, però, è anche utile, soprattutto se lo si fa con un genitore: gli etologi hanno scoperto che proprio nel gioco il cucciolo prova ruoli e comportamenti che sono tipici dell'adulto. Ecco come giocano, per esempio, un okapi maschio e suo figlio: (1) il piccolo stuzzica il padre e (2) solleva il muso in segno di sfida; (3) i due lottano; (4) l'adulto fa finta di perdere; (5) il cucciolo segnala la sua vittoria; (6) i due okapi si riconciliano e si dedicano alla reciproca pulizia.

Privi di corna e artigli, gli okapi lottano tra di loro spingendosi collo contro collo.

L'okapi è un ruminante africano. È parente della giraffa, ma è più basso e ha il collo corto.

Volo con targa
Una pittima con la targhetta per identificare gli uccelli. Le targhette sono usate soprattutto per i grandi migratori. I radiocollari invece non possono essere usati sui volatili perché pesano troppo e modificano l'assetto di volo.

una questione di sopravvivenza individuale. Marc Hauser, dell'Università di Harvard (Usa), ha invece scoperto che i macachi sanno che si può disobbedire, ma sono in grado di controllarsi per il bene del gruppo. I macachi formano famiglie organizzate in modo gerarchico. Quando trovano del cibo urlano per avvertire i parenti. Chi non lo fa viene aggredito, anche se si tratta di un individuo dominante. Per confermare la sua ipotesi, Hauser ha provato a offrire del cibo ai giovani macachi maschi che non hanno ancora scelto il gruppo famigliare cui appartenere. Nessuno di loro grida: accettano l'offerta e la portano nel loro rifugio. E nessuno li punisce: sarebbe uno sforzo inutile. Gli animali stanno mostrando qualità che fino a oggi si pensava fossero esclusivamente umane, come il rispetto, la moralità e la capacità di giudizio. Se finora non ce ne siamo accorti è perché abbiamo cercato di individuare in loro schemi di comportamento identici ai nostri. È fin troppo facile pensare che gli animali limitino i loro sforzi intellettuali a questioni pratiche, come mangiare o trovare un compagno.

Si è scoperto invece che le scimmie sono in grado di riconoscere le espressioni dei propri simili e di condividerne le emozioni, e non sono rari i casi in cui sono state notate manifestazioni di lutto nei riguardi di un piccolo, o di un compagno ucciso. ❑

L'etologia ha un'utilità pratica?

Una delle applicazioni più importanti è quella di allevare gli animali facendoli soffrire meno e di migliorare la produzione.

Gli animali provano paura, si stressano e stanno male. La cosa ci riguarda da vicino, soprattutto se si tratta di animali da allevamento. Si è scoperto infatti che se un pollo vive in un costante stato d'ansia, le sue carni non hanno lo stesso valore nutritivo dei ruspanti di campagna. Produce meno carne, non ingrassa e depone uova fragili.

L'etologia dunque ha applicazioni pratiche molto interessanti. Potrà servire per esempio per trovare nuove tecniche di allevamento. Gli animali infatti continuano a cercare di comportarsi come se vivessero in libertà anche quando si trovano in un pollaio o in una stalla. E quando la stalla crea situazioni decisamente diverse, manifestano il loro disagio.

Ma cosa si intende per benessere animale? «Secondo un gruppo di ricercatori inglesi è uno stato di salute completa, sia fisica che mentale. Può essere raggiunto più facilmente se vengono rispettate queste condizioni: l'animale deve potersi nutrire e dissetare secondo le sue necessità, deve vivere in uno spazio adeguato, deve poter manifestare il comportamento tipico della sua specie, non deve provare paura» spiega Marina Verga, docente di etologia zootecnica all'Università di Milano. L'animale che vive in uno stato di stress modifica i propri comportamenti alimentari e sociali, e se il malessere prosegue compaiono lesioni gastriche e intestinali, ipertensione e depressione del sistema immunitario, i livelli di glucosio e di ormoni nel sangue si alterano, la frequenza cardiaca si alza.

Sull'aia, ma al coperto
Un allevamento di tacchini: oggi le gabbie sono in declino, e gli animali vengono lasciati sempre più liberi di razzolare.

Rispettare la gerarchia

Un vitello che sta bene si muove spesso, si tiene pulito, esplora. Se invece resta chiuso in un recinto di piccole dimensioni e lasciato al buio, come avviene per ottenere carne bianca e tenera, lecca le sbarre e gioca in continuazione con la lingua. Ma anche le mucche che vivono in una grande stalla possono stare male. Nella mandria si stabilisce sempre una gerarchia, che viene mantenuta con colpi di testa e cornate. Le mucche dominanti devono raggiungere per prime le sale di mungitura, e se l'allevatore non rispetta l'ordine, diventano aggressive.

L'etologo può però insegnare agli allevatori a riconoscere gli animali cui dare la precedenza: la mucca dominante è quella che tiene le zampe distese e il muso in basso, le orecchie girate all'indietro con la superficie interna verso il basso. Quelle subordinate hanno invece la testa abbassata, parallela al suolo e le orecchie girate verso l'esterno.

Lo stress si manifesta anche nelle galline ovaiole, che in condizione di affollamento uccidono le vicine. E tagliare loro il becco non risolve il problema, perché restano comunque soggette a infezioni, hanno muscoli deboli e ossa che si spezzano.

Uno degli animali più sensibili allo stress è il maiale. I ricercatori hanno scoperto che, durante il trasporto al macello, a volte le sue carni si alterano: cambiano consistenza, accumulano acido lattico e adrenalina, diventando acide e di conseguenza immangiabili. I metodi utilizzati per anestetizzarli servono a poco: scosse elettriche e gas (anidride carbonica) riescono certamente a stordirli, ma anche a spaventarli.

Ma si può morire bene? Sì. Gli etologi hanno scoperto che gli animali trattati con cura, portati senza costrizioni al macello e storditi in modo che non sentano dolore, non manifestano alcun segno di sofferenza. ❑

IN PRATICA

In che cosa consiste il lavoro di un etologo?

Per poter comprendere il comportamento di un animale, l'etologo può scegliere due strade. La prima è quella di effettuare esperimenti in laboratorio. La maggior parte delle scoperte sull'apprendimento ha infatti alle spalle test con topi che devono districarsi in labirinti.

Sul campo. I dettagli quotidiani del comportamento naturale di ogni specie si possono però capire solo attraverso osservazioni nel posto in cui vive. La difficoltà maggiore è che, mentre in laboratorio il ricercatore può modificare l'ambiente, in natura deve adattarsi alle attività dell'animale, al suo ritmo giorno/notte. Hanno lavorato in questo modo Diane Fossey, la celebre studiosa dei gorilla di montagna uccisa dai bracconieri dei monti Virunga, Biruté Galdikas, che ha vissuto con gli oranghi delle foreste del Borneo, Jane Goodall, che in Tanzania effettua ricerche sugli scimpanzé. Questo il diario di una sua giornata di lavoro: sveglia alle 6,45. Inizio dell'osservazione: anche gli scimpanzé si alzano dai loro nidi.

Banane a pranzo. La giornata prosegue seguendo una madre con il figlio. Il pranzo, come quello delle scimmie, è a base di frutta raccolta nei boschi. Per seguire gli animali deve arrampicarsi sugli alberi e camminare a lungo. Al tramonto gli animali tornano ai ricoveri e si dedicano alle cure personali e al gioco. Alle 19,30 è buio.

Biruté Galdikas, etologa, mentre studia un gruppo di oranghi.

L'orso è davvero pigro come si dice?

La diceria deriva dal letargo in cui cade l'orso ogni autunno, che ne ha fatto il campione dei "dormiglioni" e, per estensione, anche dei pigri. I movimenti lenti e pesanti dell'orso lo hanno poi reso simbolo di goffaggine, come dimostra il detto "ballare come un orso". Questi animali conducono una vita solitaria e si lasciano avvistare raramente. Per questo di una persona schiva e poco socievole si dice che "è un orso". ❑

Un cucciolo di 400 kg
Nella foto, un addestratore gioca con il suo grizzly, l'orso bruno tipico del continente nordamericano.

Al riparo sull'albero
Alcune fasi di training di un grizzly. Questi orsi si arrampicano raramente.

Amico a... due zampe. Un grizzly si alza sulle zampe posteriori. La ricompensa? Un cucchiaio di marmellata!

Cinque cose che non sapevate sugli orsi

1 Si calcola che in natura vivano oggi circa 600 mila orsi neri (*Ursus americanus*), 150 mila orsi bruni (*U. arctos*, di cui 60 mila grizzly) e 25 mila orsi polari (*U. maritimus*). Ancora meno rappresentate sono le altre 5 specie di orsi. In Italia gli orsi in libertà sono meno di 100. Nei continenti australiano e antartico non sono presenti.

2 L'orso bruno può "sprintare" a 50 km/h per circa 2 km. Sulla stessa distanza, un uomo ben allenato faticherebbe a mantenere i 25 km/h.

3 Tra la nascita e l'età adulta, il peso di un orso bruno aumenta di 600 volte: da 0,5 a 300 kg.

4 Le femmine si accoppiano ogni 3 anni, il periodo necessario per svezzare i cuccioli.

5 Più della metà del peso di un orso in letargo è costituita da grasso.

Spirito di emulazione. Un orso e il suo addestratore si "esibiscono" per il fotografo.

Aria anti malore
Un setter prende aria da un foro nel bagagliaio.

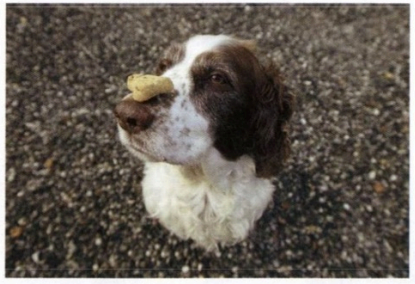
I cani soffrono il mal d'auto?

Sì: come nell'uomo, un'eccessiva stimolazione dell'orecchio interno, nel quale si trova l'organo dell'equilibrio, può provocare mal d'auto, di mare o d'aria. La "chinetosi" si manifesta spesso nei cuccioli, proprio come nei bambini, e tende a scomparire con l'età. Nel caso persista, si possono somministrare prodotti naturali come lo zenzero, che eliminano nausea e vomito.

Stressati. Ma i sintomi di disagio dell'animale possono avere anche un'origine psicologica. Lo stress da viaggio può essere dovuto alla scarsa abitudine all'auto (rumore, movimento, luci che scorrono a grande velocità possono causare ansia) o all'associazione a eventi spiacevoli (se per esempio il cane sale in auto soltanto per andare dal veterinario). Occorre in questi casi abituare l'animale gradualmente: solo quando il cane non manifesta più segni di nervosismo a vettura ferma si può passare a piccoli spostamenti, e infine a veri e propri viaggi. Il luppolo e l'escolzia sono rimedi naturali che agiscono come blandi sedativi.

Gli animali soffrono di carie?

Sì. Come accade negli uomini, anche negli animali i microrganismi presenti nella saliva e nella placca batterica (una pellicola sottile e trasparente che aderisce alla superficie del dente) possono favorire la fermentazione dei residui di cibo, producendo acidi che attaccano i tessuti duri dei denti, danneggiandoli. E, anche per gli animali, una dieta ricca di zuccheri scatena questa patologia, tanto che oggi esistono veterinari specializzati in cure dentali.



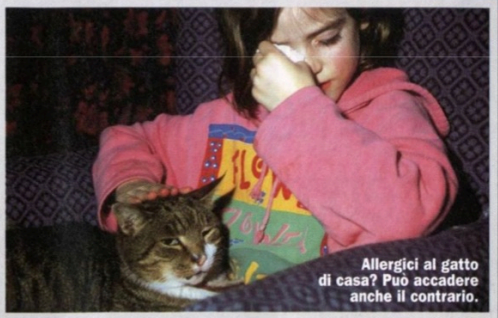
Meglio andarci piano coi biscotti...

Un gatto può essere allergico agli uomini?

Anche i gatti possono manifestare allergie, con sintomi paragonabili a quelli dell'uomo: difficoltà respiratorie, eruzioni cutanee, problemi intestinali fino, nei casi più gravi, allo shock anafilattico.

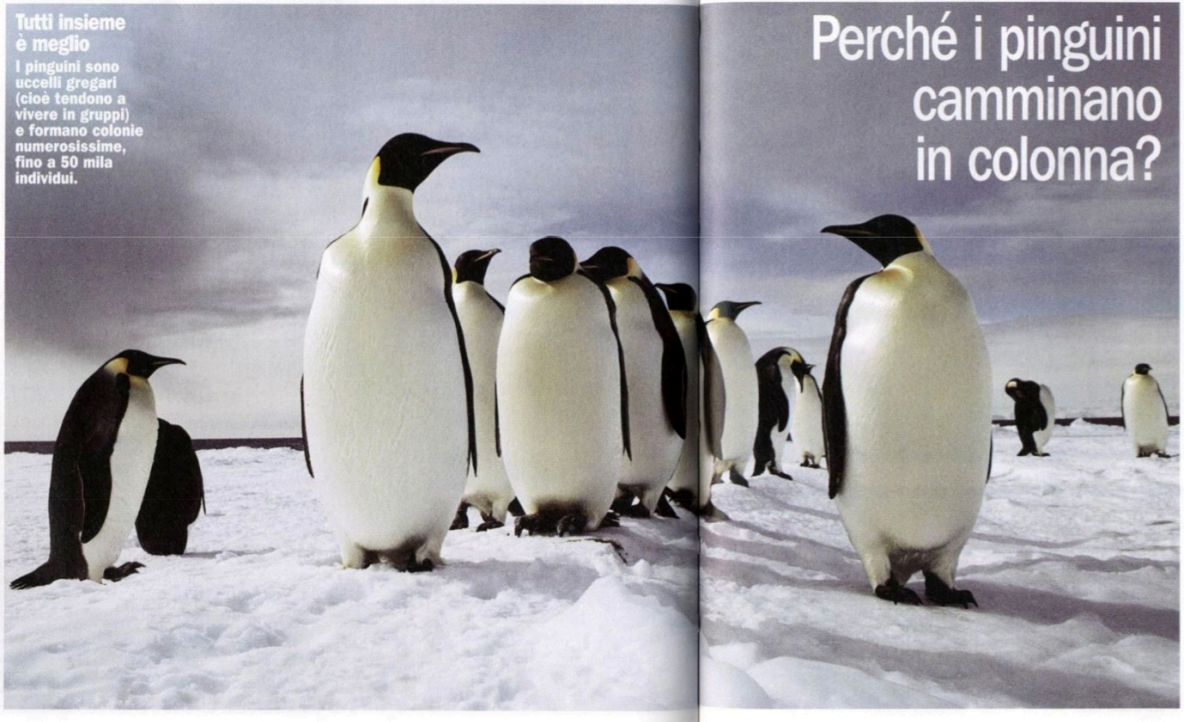
Profumi. Le cause più frequenti di allergia nei gatti sono i pollini, gli alimenti, gli antiparassitari e la saliva delle pulci (iniettata dal parassita al momento della puntura per non far coagulare il sangue).

Deodoranti. Gli animali domestici, tuttavia, possono essere allergici anche ai loro padroni o, più esattamente, ai profumi, alle creme, ai dopobarba e a tutti gli altri allergeni presenti su pelle, peli e capelli dell'uomo.



Allergici al gatto di casa? Può accadere anche il contrario.

Perché i pinguini camminano in colonna?



Tutti insieme è meglio
I pinguini sono uccelli gregari (cioè tendono a vivere in gruppi) e formano colonie numerosissime, fino a 50 mila individui.

A differenza della maggior parte degli uccelli, per riprodursi i pinguini migrano "a piedi". Le specie che vivono in Antartide, come l'Imperatore, sono quelle che viaggiano di più (i luoghi di nidificazione si trovano a parecchi km dall'oceano) e in condizioni estreme: migliaia di individui si spostano a circa 1 km/h lungo sterminate distese di ghiaccio e neve, con freddo e vento intensissimi. Di regola non è vero che camminino in colonna, anche se può capitare di vederli marciare uno dietro l'altro per ripararsi a vicenda dal vento.

Pasto meritato. Una volta deposto l'uovo, le femmine dell'Imperatore tornano verso l'oceano per nutrirsi (giungeranno a destinazione dopo un paio di settimane). Nel frattempo i maschi covano, e alla nascita del pulcino lo mantengono al caldo sotto il proprio ventre fino al ritorno della femmina. A quel punto i genitori si alternano nelle lunghe passeggiate fino al mare per approvvigionarsi. Il continuo andirivieni di migliaia di individui dall'interno alla costa determina il tracciamento di sentieri, lungo cui i pinguini si muovono di preferenza, formando colonne. ❑

Per quale motivo non ci sono pinguini al Polo Nord?

L'Antartide (Polo Sud) rimase isolato dagli altri continenti per milioni di anni, lasciando tempo agli uccelli di adattarsi all'ambiente ed evolvere verso specie non volatrici: i pinguini appunto. Questo perché nella regione più fredda del pianeta, completamente ricoperta dal ghiaccio, il cibo proviene solo dal mare: più utile perciò essere abili nuotatori che volatori. Attualmente i pinguini rappresentano la maggior parte della fauna antartica terrestre. Il Polo Nord, invece, è vicino ad altri continenti con numerosi animali terrestri, come le volpi, che potrebbero facilmente cacciare gli uccelli non volatori. Per cui non c'è ragione per i pinguini di trasferirvisi. Anche se il Polo Sud è più inospitale: le temperature sono inferiori (fino a –80 °C), le acque più agitate e i venti violentissimi (300 km/h).

Si possono addomesticare le zebre?

In Africa orientale e meridionale le zebre sono state impiegate occasionalmente come bestie da soma. Si tratta però di eccezioni. Addomesticare una zebra selvatica è infatti possibile, ma - fanno notare gli zoologi - poco vantaggioso, oltre che parecchio impegnativo. La diffusione del cavallo, selezionato per il trasporto sin dall'antichità e per questo dotato di maggiore resistenza, rende infatti superfluo il tentare di addomesticare una zebra. Oggi al mondo esistono tre specie di zebre: comune (o delle pianure), di Grevy (o reale) e di montagna. ❑

Che tipo di verso fa la zebra?

Il verso delle zebre è una via di mezzo fra un raglio d'asino e un nitrito acuto. Le zebre sono animali sociali, in cui perciò la comunicazione riveste un ruolo importante per la sopravvivenza. Dato che vivono in territori infestati da feroci predatori, hanno delle "sentinelle" che vegliano sul branco mentre dorme o è intento a mangiare.

Raglio. Quando queste lanciano l'allarme, emettono un raglio profondo che termina in un nitrito del tutto simile a quello del cavallo.

Roba mia. Lo stallone, specie nel periodo degli amori, è quello che "parla" di più: emette un raglio esplosivo per comunicare che quello è il suo territorio e per mantenere coesione all'interno del suo gruppo familiare.

Appeso a quattro mani
Un orangutàn si ciba usando la zampa sinistra. Una preferenza tutt'altro che rara nel regno animale.

Equidi, ma a strisce
Vi sono 3 specie di zebra, tutte in Africa: reale, di montagna e di pianura.

Esistono animali mancini?

La preferenza per la zampa sinistra è stata osservata in numerose specie animali, tra cui scimpanzé, pappagalli, gatti, topi e persino... tra i millepiedi.

Zampa letale. Alcune specie di Primati, in particolare, sembrano dividersi in modo pressoché uguale fra destrimani e mancini.

Un gruppo di ricercatori inglesi dell'Università di Oxford ha osservato che i gatti che usano di preferenza una delle due zampe anteriori avevano più successo nel procurarsi il cibo rispetto ai felini "ambidestri". Questa predilezione si svilupperebbe semplicemente grazie all'esperienza.

L'ex presidente ceco Vaclav Havel segue in tivù i risultati elettorali con il suo cane.

I cani e i gatti riescono a vedere le immagini della televisione?

Questi animali, come molti mammiferi, possiedono una visione stereoscopica, e i gatti hanno la capacità di distinguere i colori. Quindi non ci sono motivi perché non possano vedere la tv. Facilmente saranno attratti da immagini di oggetti o persone in rapido movimento; i gatti a volte tentano di "fermarle" con la zampa. Quello che non possono fare è interpretare ciò che vedono: va al di là delle loro facoltà intellettive.

Come fanno gli uccelli che dormono su un ramo a non cadere?

Nel sonno più profondo (e nel caso del colibrì anche da morti) gli uccelli sono in grado di rimanere appollaiati su un ramo senza cadere grazie a un complesso meccanismo di presa. Se si prende un uccello in mano, facendo in modo che ritiri la zampa, si potrà osservare come le dita tendano a richiudersi: lo stesso accade quando un uccello si sistema su un sostegno per dormire.

Saldo. In tal caso esso piega l'articolazione intertarsiale e del ginocchio, rimpicciolendo l'angolo esistente tra queste ossa, grazie a una lunga struttura tendinea che provoca una salda contrazione della zampa intorno al ramo. Tale contrazione è del tutto passiva e non richiede alcuna energia muscolare aggiuntiva. Analogo dispositivo di presa è posseduto dai tendini delle singole dita, che bloccano contemporaneamente la posizione flessa delle dita. L'uccello può così lasciare la presa solo se distende attivamente l'intera zampa.

Un pigliamosche vermiglio delle Galápagos.

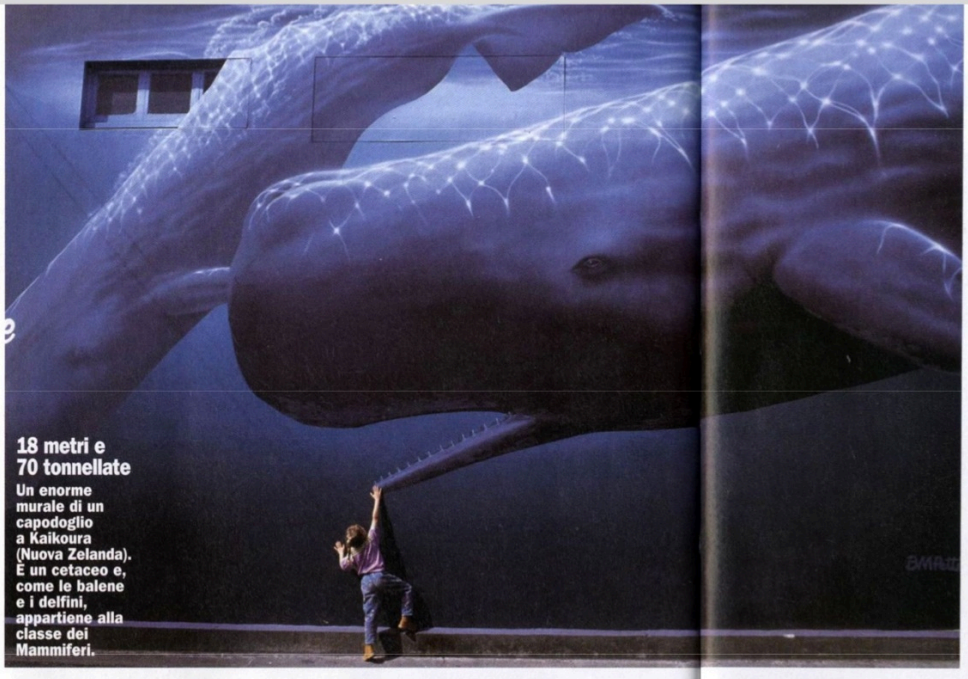
Qual è il più grande uovo d'uccello mai esistito?

Le più grandi uova conosciute sono quelle fossili del cosiddetto uccello-elefante (*Aepyornis*), una sorta di struzzo gigante alto 3 metri e pesante 450 chilogrammi, vissuto in Madagascar ed estintosi nel XVII secolo. Lunghe oltre 35 cm, con una circonferenza massima di 89 cm e un volume di circa 9 litri, pesavano pressappoco 12 kg. Benché fosse un po' più alto dell'*Aepyornis*, il moa della specie *Dinornis maximus*, vissuto in Nuova Zelanda e anch'esso estinto, deponeva uova più piccole, di "appena" 30 cm. Una volta schiuse, davano alla luce un "pollo" che avrebbe raggiunto i 3,5 metri di altezza e i 240 kg di peso.

E il più piccolo?

Quello del colibrì della specie *Lophornis ornata*, che depone una o due uova di appena 0,25 grammi (circa un decimo del peso del volatile adulto), le cui dimensioni medie sono 1,05x0,65 cm. L'incubazione dura 15-20 giorni.

L'uovo più grande e il più piccolo.



18 metri e 70 tonnellate

Un enorme murale di un capodoglio a Kaikoura (Nuova Zelanda). È un cetaceo e, come le balene e i delfini, appartiene alla classe dei Mammiferi.

Gli animali d'acqua dolce muoiono in acqua salata?

Dipende: ci sono pesci, come le anguille, che possono passare dall'acqua dolce a quella salata. Questi tipi di organismi, capaci tramite complessi meccanismi di adattarsi ai cambiamenti di salinità dell'ambiente, sono detti eurialini. Nel caso invece di animali che non passano tutto il tempo in acqua, la scelta dell'ambiente in cui vivere non è dettata solo da fattori fisiologici.

Impaludato. L'ippopotamo, per esempio, vive a stretto contatto con l'acqua dolce perché lì trova il suo habitat ideale: vicino a fiumi, laghi e paludi (dove durante il giorno può ripararsi dal calore del sole) ha a disposizione una vegetazione lussureggiante. Il suo corpo è adattato alle lunghe immersioni: occhi, orecchie e naso sono messi in modo da sporgere sul pelo dell'acqua. La notte, quando risale le rive alla ricerca di cibo, trova ciò di cui ha bisogno. Gli occorrono infatti grandi distese erbose, poiché in una notte un solo individuo ingerisce dai 40 ai 60 kg di vegetali! D'altronde è l'animale terrestre con la bocca più grande.

Acque tempestose

Gli ippopotami preferiscono l'acqua dolce. Lungo fiumi e laghi trovano l'erba di cui si nutrono.

Le balene bevono?

Le balene, come gli altri mammiferi marini, traggono la maggior parte del loro fabbisogno di acqua dal cibo, piuttosto che bevendo. Infatti si nutrono essenzialmente di pesci e krill, piccoli crostacei, che contengono molta acqua.

E i pesci?

I pesci assumono l'acqua sia dal cibo sia assorbendola attraverso la superficie del corpo. Quando introducono acqua marina, la filtrano grazie a membrane semipermeabili che eliminano l'eccesso di sali. Poi la trattengono producendo un'urina molto concentrata, attraverso cui disperdono solo una minima quantità della preziosa acqua "lavorata". ❑

Una mosca comune (*Musca domestica*) appesa a testa in giù.

Come fanno le mosche a stare attaccate al soffitto senza cadere?

All'estremità delle loro sei zampe, le mosche hanno due tipi di strutture. Innanzitutto possiedono artigli robusti. E poi anche cuscinetti spugnosi, dalla superficie ruvida, che forniscono un contatto e un'aderenza ideale (anche se non sono ventose) alla superficie su cui la mosca si appoggia (o si aggrappa). Le mosche possono staccare due delle sei zampe per camminare, senza per questo cadere. Sono anche avvantaggiate dal fatto che, in rapporto al volume, il loro peso è ridotto. Quindi non è necessaria una forza molto intensa per tenerle... attaccate al soffitto.

Le mosche "assassine" (Asilidi) si nutrono di altri insetti.

Che cosa mangiano?

La mosca è un insetto che appartiene all'ordine dei Ditteri, che comprende 85 mila specie diverse. Allo stadio larvale le mosche si cibano di sostanze organiche (vegetali o animali), per lo più in fase di decomposizione-fermentazione.

Proboscide. Da adulte, come tutti i ditteri, sono provviste di un apparato boccale (una sorta di proboscide che termina con due "labbra") particolarmente adatto a succhiare.

Succhiatrici. Possono quindi nutrirsi di sostanze liquide (dalla linfa al sangue al nettare) ma possono anche liquefare sostanze solide (come gli zuccheri) grazie al rigurgito della saliva, che si comporta da solvente.

Gli ippopotami sono aggressivi?

Pensavate che tra i grandi animali africani il più pericoloso fosse il leone? Sbagliato: il tranquillo ippopotamo fa più vittime anche degli elefanti.

Nelle ore più calde del giorno gli ippopotami oziano in branchi presso le rive di laghi e fiumi africani, immersi gli uni accanto agli altri. Ma durante la stagione degli amori nascono rivalità sanguinose tra i maschi più giovani e quelli anziani. Le lotte che ne derivano sono cruente, sia per la mole dei duellanti (un maschio adulto è lungo più di 4 metri e pesa 3-4 tonnellate) sia per le "armi" impiegate. La bocca spalancata ha infatti un'apertura verticale di circa 1 metro e i canini della mandibola, simili a zanne, sono lunghi fino a 60 cm.

Alla larga! L'aggressività dei maschi è giustificata dalla necessità di accaparrarsi un harem per la riproduzione e un territorio esclusivo. Ma in generale il "pacioso" ippopotamo è sospettoso e può rappresentare un pericolo anche per l'uomo. Specie quando è al pascolo e vede bloccata la via che lo porta all'acqua, l'ippopotamo attacca chiunque senza pensarci due volte. Tanto da fare più morti lui, in Africa, del leone o del coccodrillo. ❑

Pacioso ma pericoloso
Lo zoo della cittadina di Toledo, in Ohio (Usa), è famoso per il suo "ippo-acquario". Cupido, l'esemplare nella foto, è molto bello, soprattutto... al di là del vetro.

MESCOLANZE Gli animali possiedono gli stessi gruppi sanguigni dell'uomo?

I tipi di sangue, negli animali come nell'uomo, si distinguono grazie alla presenza o all'assenza, sulla superficie dei globuli rossi, di proteine chiamate antigeni. L'animale con i gruppi sanguigni più simili a quelli umani è il gatto, che può avere tre gruppi (l'uomo ne ha quattro). I gruppi A e B sono predominanti, mentre l'AB compare con una frequenza dell'1%. Il cane ha invece otto gruppi sanguigni, la pecora sette (nella capra, finora, ne sono stati identificati cinque), i bovini undici e il cavallo più di trenta.

Banche del sangue. Come gli uomini, anche gli animali possono essere sottoposti a trasfusioni. Esistono già banche del sangue per i cani e per i cavalli, e presto ce ne saranno anche per i gatti.

Una famiglia di golden retriever. I cani hanno 8 gruppi sanguigni.

Perché le anguille vanno fino al Mar dei Sargassi?

Verso gli 8-10 anni di età, le anguille di acqua dolce della specie *Anguilla anguilla* abbandonano laghi e fiumi e prendono la via del mare, dirigendosi verso una zona dell'oceano Atlantico al largo della Florida: il Mar dei Sargassi. Qui esse si riproducono, gli adulti muoiono mentre le larve tornano lentamente, sfruttando la corrente del Golfo, verso il continente europeo. Solo due delle 16 specie di anguille note si riproducono nel Mar dei Sargassi: quella europea e quella americana. Ma perché fare tanta strada? Circa 100 milioni di anni fa America ed Europa erano molto più vicine di oggi e le anguille, che necessitano di acque profonde per la riproduzione, si ritrovavano al largo dell'odierna Florida, allora "a portata di mano". Poi la deriva dei continenti ha dilatato l'Atlantico di qualche centimetro all'anno, e oggi la distanza è di migliaia di chilometri. Ma le anguille non sembrano preoccuparsene.

Quanti cani randagi ci sono in Italia?

Secondo i dati in possesso del ministero della Salute, che risalgono al 2002, i cani randagi nel nostro Paese sono in diminuzione (vedere la tabella a destra). Probabilmente questo calo è un effetto della legge n. 281, del 1991, che prevede che chi abbandona un animale commette un reato. Di contro, è però aumentata nel corso degli anni la percezione del randagismo come fenomeno socialmente pericoloso.

In branco. Poiché i cani randagi si organizzano in branchi che possono catturare piccoli animali selvatici e domestici (ma anche, eccezionalmente, attaccare l'uomo), i veterinari delle Asl sono fortemente impegnati nella cattura e sterilizzazione degli animali senza padrone.

Ma l'arma migliore per arginare il fenomeno resta quella di evitare l'abbandono dei cani.

Se per qualsiasi motivo la convivenza col proprio animale domestico diventa impossibile, lo si può affidare a un canile pubblico, che si preoccuperà di trovargli un nuovo padrone. ❑

Randagi d'Italia

Anno	Numero
1998	863.097
1999	899.488
2000	816.610
2001	746.009
2002	660.517

Fonte: ministero della Salute.

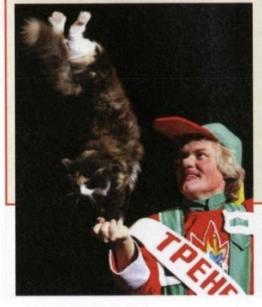
L'unione fa la forza
Cani randagi in Calabria. I cani di strada spesso formano piccoli branchi, che possono attaccare altri animali.

I gatti si possono addestrare?

I gatti reagiscono a quegli stimoli che ricordano loro, per esempio, che è ora della pappa. Ma, diversamente da quanto accade con i cani, è molto difficile convincerli a fare qualcosa se loro... non ne hanno voglia. La differenza di comportamento tra le due specie sembra dipendere da diversità etologiche. I cani discendono da animali (i lupi) abituati a vivere in branco e quindi a cooperare con altri animali, uomini compresi. I gatti domestici invece si sono evoluti da antichi felini che praticavano la caccia in modo solitario, e quindi non hanno affinato questa capacità.

Sanno nuotare?

I gatti non amano l'acqua. Ma, se costretti, dai 2 mesi di età in poi possono rivelarsi ottimi nuotatori. Abbandonati in mezzo a un lago sono in grado, nella maggior parte dei casi, di guadagnare la riva sani e salvi. La diffidenza del gatto verso l'acqua, secondo gli esperti, dipende dal fatto che questo felino si è diffuso dapprima in aree semidesertiche, come l'antico Egitto, dove è stato addomesticato. Alcune razze smentiscono però questa indole innata. Come il norvegese, che secondo la tradizione cacciava i topi nelle stive delle navi vichinghe, o il turkish van, un gatto domestico a pelo lungo originario della zona del lago di Van, nella Turchia orientale. E non bisogna dimenticare parenti del gatto come la tigre, eccezionale nuotatrice che ama tuffarsi e immergersi, e il "gatto pescatore" (*Prionailurus viverrinus*) diffuso in Asia.



Fenomeni da circo
L'addestratore russo Yuri Kuklachev si esibisce con un gatto. Il suo Teatro dei gatti conta 37 felini "ammaestrati".

Ci sono animali con un occhio?

Gli unici animali con un solo occhio si trovano tra i Copepodi, piccolissimi crostacei d'acqua dolce lunghi meno di 1 cm. Il più noto è il ciclope (*Cyclops*), così chiamato per analogia con il gigante monòcolo della mitologia greca. Tutti i mammiferi, gli uccelli, i rettili, i pesci e gli anfibi hanno invece due occhi. Anche la passera di mare (*Pleuronectes platessa*) ne ha due, ma, come in altri pesci della famiglia dei Pleuronettidi, l'occhio sinistro "migra" accanto al destro durante la crescita.

Un ciclope, mini crostaceo con un solo occhio.

Quanto incide il colore della pecora su quello della lana?

La lana grezza di pecora, a seconda della razza da cui si ricava, ha tonalità che vanno dal bianco puro all'avorio, ma esistono anche varietà brune, rossicce, grigie e nere. La lana bianca pura è però l'unica che può essere colorata in qualsiasi tonalità, comprese le tinte pastello. Si ricava solo dalla schiena delle pecore, e per questo è la più ricercata. La lana del collo, delle cosce e delle natiche è invece giallastra e può essere tinta soltanto con colori scuri. Anche la lana delle pecore nere deve essere tinta, a livello industriale, perché i velli provenienti da pecore diverse hanno colorazioni non uniformi. Solo a livello artigianale è possibile operare un'attenta selezione e ottenere capi in colori naturali: essenzialmente nero, marrone, beige o grigio. Ma proprio per gli alti costi di produzione, la lana delle pecore di razze colorate o pezzate si usa raramente per la produzione di filati da maglieria.

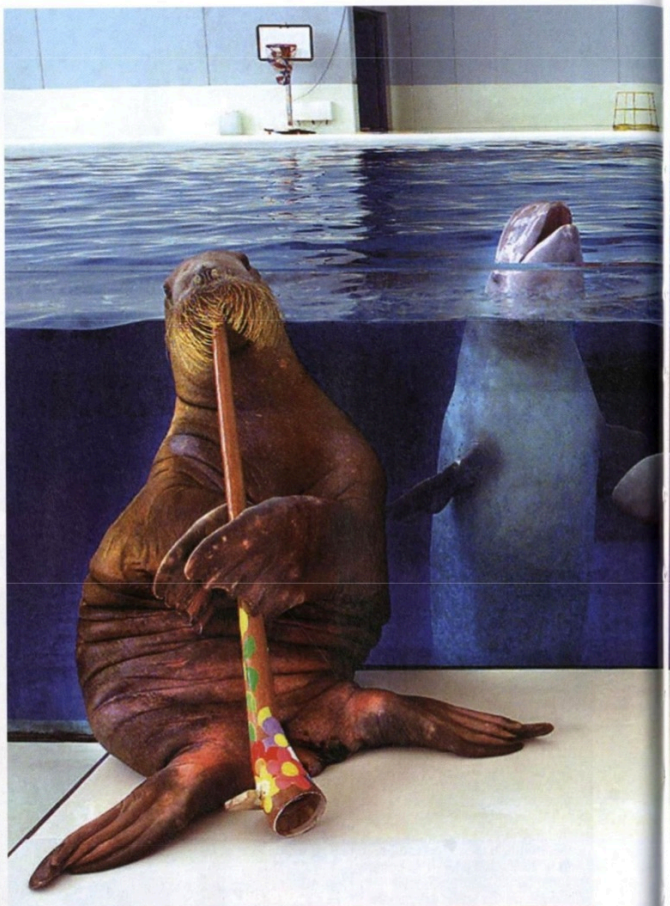
Pecore alla milanese
Pecore colorate di giallo zafferano pascolano sulle colline scozzesi.

Agli animali piace la musica?

Un meccanismo innato, che ha probabilmente a che fare con i richiami dei cuccioli, fa sì che anche gli animali provino piacere ascoltando la musica.

Secondo il neurobiologo Jaak Panksepp della Bowling green state University dell'Ohio (Stati Uniti), gli animali provano un piacere innato ascoltando la musica. Per questo le mucche danno più latte se la stalla è dotata di filodiffusione, le galline producono più uova e i piccoli degli uccelli rispondono a brevi melodie. Gatti, topi e galline reagiscono addirittura con veri e propri brividi di piacere agli stimoli musicali.

Istinto. Gli studi di Panksepp sugli animali "melomani" spiegherebbero anche l'origine del piacere della musica nell'uomo. Sarebbe l'eco di un istinto ancestrale, quello di risposta al richiamo dei cuccioli. In molte specie di mammiferi, infatti, quando i genitori si ricongiungono ai piccoli il loro cervello rilascia le stesse sostanze chimiche che causano i "brividi" musicali. ❑



Una "band" di trichechi e beluga all'acquario di Yokohama (Giappone).

Quanti insetti si spiaccicano ogni anno sul parabrezza di un'auto?

Un'automobile con un parabrezza di area 1,5 metri quadrati, che in un anno percorra 10 mila km, "spazza" un volume di circa 15 milioni di metri cubi di spazio. Ipotizzando, per semplicità di calcolo, che ogni 1,5 m^3 vi sia in media 1 insetto abbastanza grande da produrre uno spiacciccio riconoscibile, si deduce che ogni anno, sul parabrezza di quell'auto, si producono 10 milioni di "splat".

Strage. Una conferma indiretta viene da uno studio effettuato in Francia dall'Institut national de la recherche agronomique, secondo il quale, sulle strade transalpine, ogni anno trovano la morte ben 70 mila miliardi di insetti.

Con i gorilla (qui in forma di souvenir) il Ruanda attira turisti.

Perché i gorilla si battono il petto con i pugni?

Secondo gli esperti del comportamento di questi animali, si tratta di uno dei nove atteggiamenti che ne compongono l'aggressione ritualizzata, insieme all'alzarsi sulle zampe posteriori, gettare qualcosa in aria, scalciare, pestare i piedi per terra eccetera.
Battersi il petto serve per incutere timore al potenziale avversario.

"Sono forte". Il numero dei "battiti" può variare da 2 a 20, a pugni chiusi o con le mani aperte; qualche volta vengono percossi anche lo stomaco e le cosce. Benché tipico del gorilla maschio, questo comportamento è stato osservato anche nelle femmine.

Perché, quando dormono, gli uccelli nascondono la testa sotto l'ala?

Lo fanno per stare più caldi. Molte specie di uccelli - soprattutto quelli palustri, come il fenicottero - infilano la testa, ruotandola all'indietro, sotto le penne dell'ala per ridurre al minimo la dispersione di calore corporeo. È un po' come se si infilassero sotto un caldo piumino. Per la stessa ragione ritirano una delle zampe, restando fermi sull'altra per diverse ore senza alcuna fatica. Le estremità, infatti, non sono protette contro il freddo dalle piume.

Cosa succede loro durante gli uragani?

È stato dimostrato da diversi studi che gli uccelli marini, cioè quelli che vivono prevalentemente in mare aperto, sono trasportati dagli uragani anche a migliaia di chilometri di distanza dai loro habitat naturali.

Affamati. Dopo molti giorni in volo senza potersi nutrire, prendono terra, sfiniti e affamati, solo quando l'uragano si esaurisce. Le avversità meteorologiche aumentano quindi la loro mortalità, sia per i fattori termici (perdita di calore corporeo) sia per la difficoltà di trovare cibo.

Migratori furbi. Gli uccelli migratori, invece, si posano immediatamente a terra non appena si rendono conto che le condizioni meteorologiche stanno volgendo al peggio.

Gli animali da corsa "sentono" di partecipare a una gara?

Il cavallo francese Arazi stravince la Breeders' cup Juvenile del 1991 a Louisville (Usa). Ma 7 mesi dopo sarà solo ottavo al famoso Kentucky derby. Stress da gara?

Anche tra i cavalli, come avviene con le persone, c'è chi in gara si esalta e chi invece "va in tilt".

Sicuramente, prima dello "start", sia i cani sia i cavalli da corsa sono sovraeccitati. Poiché gli stimoli cui sono sottoposti durante i preliminari della gara sono sempre gli stessi (altri animali vicini, il rumoreggiare del pubblico, magari le luci della pista) e sono differenti da quelli che li colpiscono durante gli allenamenti, essi collegano questi "segnali" alla competizione, e quindi si eccitano più che nel corso delle prove.

Emotivi. I cavalli sono animali emotivi, e risentono moltissimo della situazione di gara. Alcuni migliorano la loro prestazione, altri si "emozionano" e si bloccano. Un po' come accade all'uomo. Proprio per evitare questo inconveniente, ai cavalli più sensibili vengono tappate le orecchie per isolarli dai rumori esterni e non farli spaventare. In qualche caso però, prima del rettilineo finale, i tappi vengono invece tolti per far eccitare il cavallo e aumentarne così il ritmo di galoppo. ❑

AGGRESSIVITÀ

Perché talvolta i pesci rossi si aggrediscono?

In particolari condizioni, tutti gli animali, anche i più pacifici, possono diventare aggressivi verso altri individui della stessa specie. I pesci rossi (*Carassius auratus*) non fanno eccezione.

Annoiati. Talvolta lottano tra loro per accaparrarsi maggiori quantità di cibo, ma più spesso, se ospitati in un luogo troppo angusto, litigano per tenersi occupati. L'essere trasferiti in un acquario più grande - e soprattutto di forma diversa dalla claustrofobica boccia rotonda - rende miti anche i pesciolini più "esagitati".

I pesci rossi a volte lottano per il cibo. Sono onnivori: mangiano sia vegetali che piccoli animali.

Sono possibili accoppiamenti fra specie diverse?

A volte, in natura, maschi e femmine di specie differenti (ma non troppo lontane tra loro) si accoppiano, dando vita ai cosiddetti ibridi. Tra i più noti ci sono quelli nati da asini e cavalli (il mulo da asino e cavalla, il bardotto da cavallo e asina). Il germano reale (*Anas platyrhynchos*) si può accoppiare con altre specie di anatre, e il toro con un bovino indiano molto simile, il *Bos indicus*.

Sterili. Spesso (è il caso del mulo, ma anche dei nati da un leone e una tigre) gli animali che nascono dalla "strana coppia" sono sterili, ma altre volte (è il caso del toro o di molti ibridi di anatre) sono fertili.

Un "inutile" tentativo di accoppiamento tra un giovane elefante e una rinocerontessa.

Messi a tacere
Rospi marini imbalsamati seccano al sole australiano, con una molletta che tiene loro la bocca "in posizione".

I rospi possono essere nocivi?

Alcune specie di rospi possono diventare veri e propri flagelli. Il rospo marino (*Bufo marinus*), in particolare, è tra i più infestanti: ha invaso l'Australia nordoccidentale, dove era stato importato nel 1935 per combattere un parassita della canna da zucchero, e in pochi decenni si è diffuso in quasi tutto lo Stato del Queensland. Il rospo marino mangia praticamente tutto quello che riesce a far entrare in bocca (compresi uccelli, piccoli mammiferi e perfino il cibo per cani). Inoltre, dal momento che è velenoso, è disdegnato dai predatori.

La presenza di questo anfibio sta perciò minacciando l'integrità degli ecosistemi della regione. Tanto che è stato proposto di alzare barriere "antirospo" per proteggere le zone più sensibili. ❑

Che cos'è l'imprinting?

È una forma di apprendimento che in alcune specie animali – soprattutto uccelli, ma anche mammiferi come il toporagno – avviene nei primissimi momenti di vita.
Sopravvivenza. In particolare, i piccoli degli Anatidi (cigni, anatre, oche) grazie all'imprinting imparano a seguire il primo essere vivente che vedono appena nati, di solito la madre, aumentando in questo modo le proprie possibilità di sopravvivenza.
La fase di imprinting è molto breve: nell'anatroccolo si conclude ad appena 30 ore dalla nascita.
L'oca di Lorenz. Il termine imprinting fu ideato dall'etologo austriaco Konrad Lorenz (1903-1989), in seguito agli esperimenti condotti con l'oca Martina. Questa, alla schiusa dell'uovo, vide come prima cosa lo stesso Lorenz. L'anatroccolo lo identificò come madre e cominciò a seguirlo ovunque. Tutti i tentativi di riunirlo alla vera madre fallirono e Lorenz comprese che l'imprinting è irreversibile.

Niente imprinting per gli orsetti: dipendono già del tutto dalla mamma.

Gli scorpioni sono davvero letali?

Alcune specie tropicali e diffuse nei deserti possono effettivamente iniettare una quantità di veleno sufficiente a uccidere un uomo.
Le più letali tra la ventina di specie note di scorpioni sono il *Buthus occitanus* africano, il *Buthus tamulus* indiano e l'*Androctonus australis* presente in Africa e Asia, oltre a diverse specie sudamericane del genere *Centruroides*.
Il veleno degli scorpioni ha un effetto neurotossico: compromette cioè il funzionamento del sistema nervoso, causando l'arresto cardiaco e la paralisi del sistema respiratorio.
Punture. Nessuno degli scorpioni italiani è invece abbastanza velenoso da uccidere un essere umano. Le loro punture possono però causare uno shock anafilattico in persone ipersensibili ai componenti del veleno.

Domatrice
Kanchana Ketkeaw ha passato 32 giorni con 3.400 scorpioni.

***Avicularia urticans*, una tarantola peruviana.**

Quanti "piedi" hanno in realtà i millepiedi?

I millepiedi (raggruppati nella classe dei Diplòpodi) hanno un numero di zampe variabile a seconda della specie, ma sempre inferiore a 1.000.
Due paia al pezzo. Lo dimostra un semplice calcolo. Il loro corpo cilindrico è formato da numerosi segmenti, da 9 a 100. Il primo segmento è privo di arti, i 3 successivi e quello verso l'estremità caudale ne hanno un solo paio, i restanti due paia. Il nome del loro gruppo, Diplòpodi, indica proprio che in quasi tutti i segmenti sono presenti 2 paia di arti. Dunque un individuo particolarmente "lungo" (le specie tropicali sfiorano i 30 cm) può avere al massimo 100 segmenti e 194 paia di zampe, ossia 388 "piedi".

Un millepiedi a banda gialla osservato in Costa Rica.

SOPRAVVIVENZA

Quanto vivono i ragni?

Con rare eccezioni, i ragni vivono da pochi mesi a un anno (le femmine vivono qualche settimana più dei maschi). Per buona parte del loro ciclo biologico (da 5 a 6 mesi) si trovano allo stadio larvale, protetti nelle loro uova. Alcune specie della famiglia Licosidi (o "ragni lupo") possono arrivare a vivere, in laboratorio, anche 3 anni. Ma il record di longevità spetta alle tarantole sudamericane, che raggiungono la veneranda età di 20 anni.

Natura "estrema"

Un panorama mozzafiato, che ricorda un'epoca in cui il pianeta era giovane e le forze della natura regnavano incontrastate. Le cascate di Proxy Falls si trovano nelle Cascade Mountains vicino a Eugene, Oregon (Usa).

Paesaggi incredibili

Deserti allagati, foreste di alberi nani e ultracontorti, invasioni di meduse, colonne di conchiglie... Non c'è limite alla varietà dei paesaggi terrestri.

Si è allagato il deserto!
Una alluvione in pieno deserto? In effetti è proprio così, ma non siamo in Africa, bensì nel Maranão, in Brasile. Qui piove 300 volte più che nel Sahara.

Dischi volanti gelatinosi
Sembrerebbe un'invasione degli extraterrestri. Invece sono meduse arenate sulla spiaggia di Lüderitz, in Namibia.

Aghi oppure rocce?

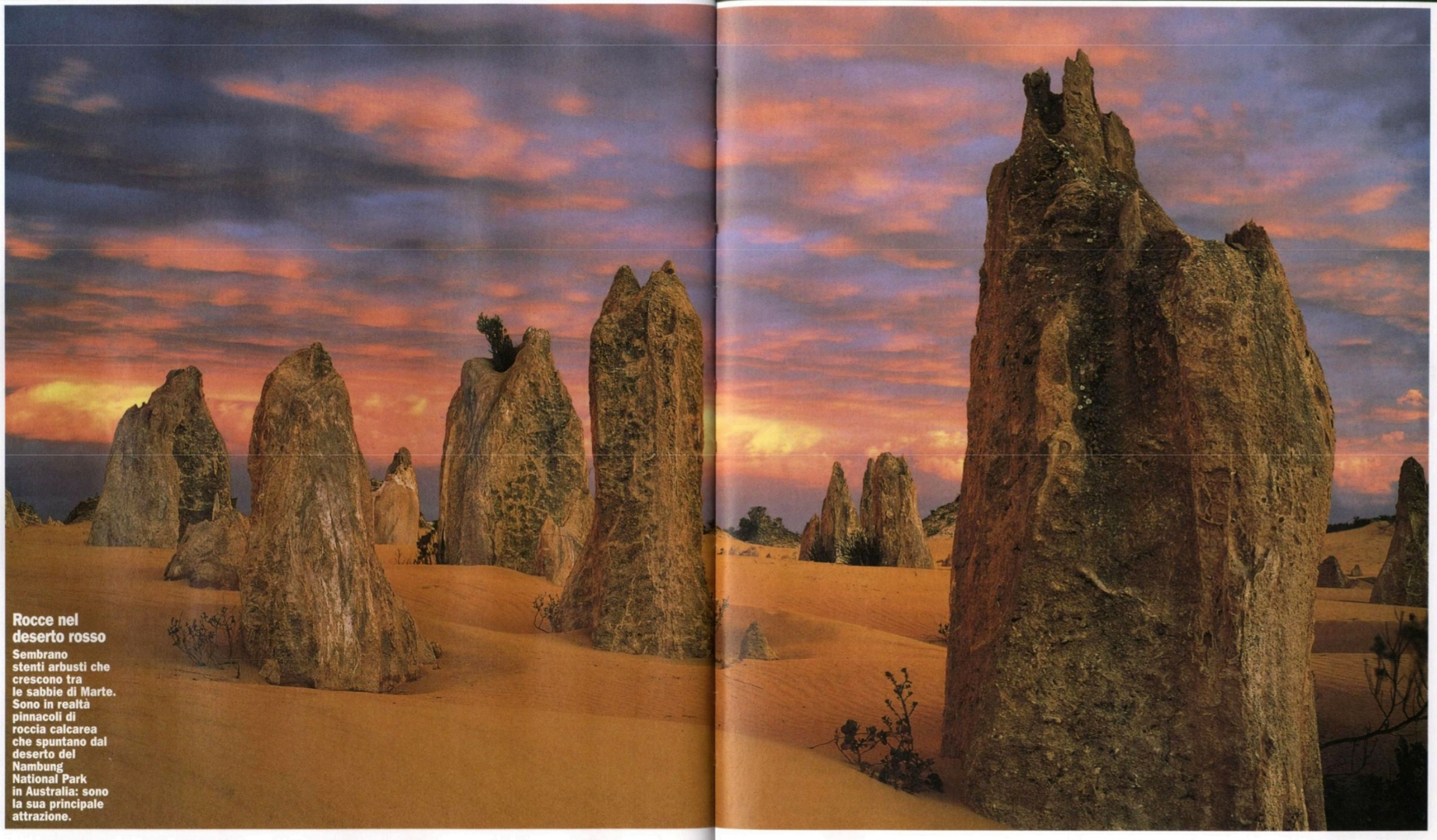
Le piogge acide hanno sciolto la pietra di un antico altopiano calcareo del Madagascar, creando le lame di roccia di Tsingy (in malgascio vuol dire "camminare in punta di piedi") de Bemaraha.

Iceberg da restarci di sale

La superficie gelata di Europa, una delle lune di Giove? I ghiacci dell'Antartide? Sbagliato: è il deserto di sale di Atacama, in Cile, una delle zone più secche della Terra.

Rami contorti dagli elfi?

Chi ha ridotto così queste querce nane della California? Non gli elfi, anche se Elfin Forest vuol dire bosco degli elfi. La forma contorta è dovuta a carenza d'acqua e nutrimento.



Rocce nel deserto rosso

Sembrano stenti arbusti che crescono tra le sabbie di Marte. Sono in realtà pinnacoli di roccia calcarea che spuntano dal deserto del Nambung National Park in Australia: sono la sua principale attrazione.

Indice analitico

Accoppiamenti pag. 201
acqua dolce 192
acqua salata 92
addomesticare 168
adenosina trifosfato 98
alba 109
alberi bottiglia 113
alberi di Giosuè 113
alberi fulmini 109
alberi piovra 113
Alex pappagallo 181
ambiente 116
ambiente 145
amplificazione genica 150
anelli fumo 108
anfibi 132
anguille 195
anidride carbonica 96
animale più velenoso 134
animali addomesticabili 141
animali da primato 136
animali dormire 166
animali e vegetali 105
animali in gara 200
animali mancini 190
animali musica 198
animali omosessuali 132
animali pazzi 161
animali piangono 139
apprendimento 175
arance 113
arcobaleno 26
arcobaleno a rovescio 39
argilla 41
aria 88
Atacama Cile 212
atmosfera 12
autotrofo 96
balene 193
banane 113
batteri termofili 78

Big One 49
biodiversità 116
biodiversità degli ambienti 116
biodiversità di specie 116
biodiversità genetica 116
buco ozono 29

Calabroni 156
calamaro gigante 130
Calvin Melvin 99
camaleonte 140
cammelli 137
cane anno 165
cani 172
cani auto 188
cani randagi 196
cani, gatti e tv 191
capodogli 151
carie animali 188
cascate Proxy Falls 204
catena montuosa 54
cavalli in piedi 166
cavalloni 86
chinotto 102
Chorhat 144
ciclo di Calvin 100
cicloni 30
circo 161
clima 72
clorofilla 95
coda elefanti 159
co-evoluzione 151
colore nuvole 32
colore pecora 197
comportamento animale 176
comunicazione 180
continenti 70
corrente del Golfo 75
Cousteau Jacques 71
crosta terrestre 40
cryosol 47
cultivar 125

Darwin Charles 179
deriva genetica 150
deserti di sale 52
deserto 62, 212
drosofila 150
dune 63
durisol 47

Ecosistemi 118
Eibl-Eibesfeldt Irenaus 179
elefanti 141
Elfin Forest 214
energia 95
enzima 101
equilibrio uccelli 138
erba 110
erbivori 159
eruzione 48
estinzione di base 120
estinzione di massa 120, 126
età cani 165
etologia 174
Everest 50
evoluzione 144

Fao 47
farfalle 137
fasce di Van Allen 18
fiocchi di neve 52
fiore più grande 112
fiori ora 106
fiume direzione 90
fiumi nascosti 66
foglia più grande 112
foglie 105
foibe 51
folgoriti 113
foresta Umbra 85
formiche 143, 157
fossa delle Marianne 71
Fossey Diane 185
fossili 145
fotosintesi clorofilliana 94
frutto legume 103
fulmini 109
fumarola nera 69

Gaia 72
Galdikas Viruté 185
gatti 142
gatti addestramento 196
gatto allergico 189
Gay-Lussac Louis 16
gene egoista 151
geni 146
geologia 40
geyser 58
ghiaccio ai poli 93
glucosio 95
Goodall Jane 185
gorilla 175, 199
grandine 33
Grizzly 186
grooming 178
gruppo sanguigno 195

Humus 43

Imprinting 178, 202
Indicator indicator 182
Indricotherium 145
Ingenhousz Jan 99
insetti 142, 171
insetti parabrezza 198
ionosfera 15
ippopotami 194

Kraken 142

Laghi 110
Lamarck Jean-Baptiste 150
laminaria 78
lingua 173
lingua biforcuta 130
Linneo Carlo 106
livello mare 82
Lorentz Konrad 179
luce 95
luffe 103
luna arcobaleni 109
Luna comportamento 155

Macaco 183
macroelementi 46
mammiferi verdi 135
mammifero alto e basso 158
Marañao Brasile 206
mare 123
mare livello 82
maree nere 84
materie prime 66
mcdonaldizzazione 124
meduse 170
meduse di Luderitz 208
mesosfera 15
metano animali 172
microambienti 118
millepiedi 203
montagne 50, 54, 56
mosche 193
mutazioni genetiche 148, 166

Nambung National Park 216
Natron lago 88
nebbia 31
neve fulmini 110
nidi comunitari 173
Niño 75
noce cocco 111
nubi noctilucenti 89
nuove medicine 125
nuvole 25
nuvole 28
nuvole acqua 39
nuvole trasparenti 39

Occhio animali 196
occhio ciclone 51
occhio di lince 133
oceano 68
oceanografia 71
okapi 182
onde anomale 80
onde mare 87
organismi unicellulari 146
orizzonti 46
oro 64
orso 186
ossigeno 14
ozono 17, 29

Pappagallo 181
patrimonio genetico 146
Pavlov Ivan 177
pecora 172
pedologia 43
pesce mangia pesce 140
pesci 140
pesci aggressivi 201
pesci rossi 164
pesci sudano 165
Phylum 76
pianta più longeva 112
pianta rara 112
piante albine 55
piante sale 85
piante semoventi 102
picchio 134
Pikaia 153
pinguini folla 162
pinguini in colonna 188
pinguini Polo Nord 189
pioggia 91
pittima 184
Polo Nord 189
placche tettoniche 61
pluricellulari 145
progetto Woce 74
proteina 98

Quiete tempesta 51

Radiocollare 181
raggi del Sole 38
raggio blu 36
raggio verde 37
ragno 128, 203
rami alberi 160
razze cani 140
record eruzioni 104
ricci 130
riflesso condizionato 177
roccia madre 42
rospi nocivi 202
russare 157

Sabbie mobili 92
sangue blu 165
sassolini 161
scala di Beaufort 30
schiuma mare 86
scimmie mestruazioni 159
scimpanzé 178
scorpioni 203
selezione culturale 151
selezione naturale 145
seme germogliare 109
seme più grande 112
serbatoio blu 123
serpenti 141
sesso uccelli 138
silicio 42
sinoforo 78
sognare 157
sopravvivenza ragni 203
specie comunicare 167
specie gemelle 150
specie generaliste 153
specie specializzate 153
spermatozoi 143
squali 169
squali martello 168
strati 45
stratosfera 15
Sud 64
suolo 40

Tarsio 139
tartarughe 169
tela ragno 128
temperatura 104
temporali 29
Terra peso 65
terre emerse 64
terreno asfittico 45
terreno franco 46
terreno permeabile 46
tettonica 60
tifone Tip 51
tifoni 30
Tinbergen Nikolaas 179
tornado 30
tornado città 35
tramonti 109
troposfera 15
Tsingy de Bemaraha 210
tsunami 72
tsunami leggende 65

Uccelli ala 200
uccelli formazione 131
uccelli olfatto 165
uccelli velenosi 167
uistitì 183
Unesco 47
uova 136
uovo 192
uragani 30

Van Allen James 18
vapore acqueo 69
varietà pesci rossi 165
vedere sott'acqua 134
vegetali 105
venti 23, 30
vento 88
vipera 157
vita sessuale 170
vita sotto terra 108
Von Frisch Karl 179
vulcano 34, 104

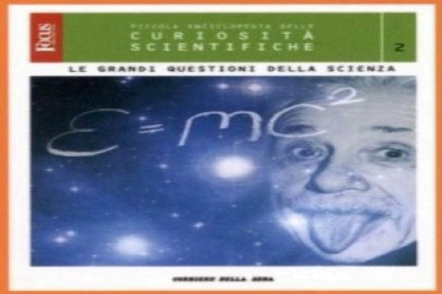
Zanzare 160
zebra verso 190
zebre 190
zone aride 108
zone fulmini 90

FOCUS
Scoprire e capire il mondo

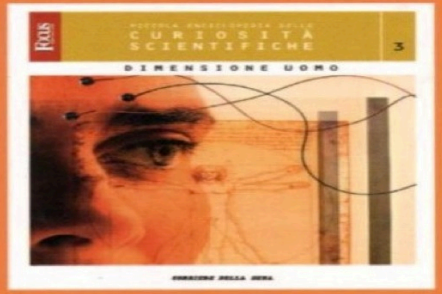
PICCOLA ENCICLOPEDIA DELLE CURIOSITÀ SCIENTIFICHE

PIANO DELL'OPERA

1. IL PIANETA TERRA



2. LE GRANDI QUESTIONI DELLA SCIENZA



3. DIMENSIONE UOMO

4. SCIENZA E VITA QUOTIDIANA